

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT *POLYESTER*
SERAT DAUN LONTAR DENGAN PENAMBAHAN VARIASI
KONSENTRASI KALIUM PERMANGANAT (KMnO_4)**

SKRIPSI



MAYA ARDIATI

**PROGRAM STUDI S-1 FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
2016**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT *POLYESTER* SERAT
DAUN LONTAR DENGAN PENAMBAHAN VARIASI KONSENTRASI
KALIUM PERMANGANAT (KMnO_4)**

SKRIPSI

**Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains bidang Fisika Pada
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga
Surabaya**

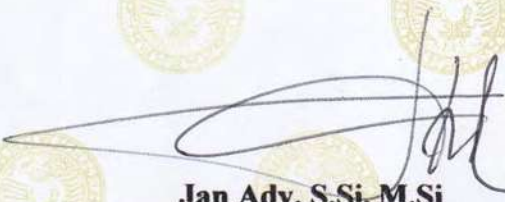
**Oleh :
MAYA ARDIATI
081211331137**

Tanggal Lulus : 20 Juli 2016

Disetujui Oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II


Jan Ady, S.Si, M.Si
NIP . 19720126 200212 1 002


Drs. Djoni Izak Rudyardjo, M.Si
NIP. 19680201 199303 1 004

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Sintesis dan Karakterisasi Komposit *Polyester* Serat
Daun Lontar dengan Penambahan Variasi
Konsentrasi Kalium Permanganat (KMnO_4)

Penyusun : Maya Ardiati

NIM : 081211331137

Pembimbing I : Jan Ady, S.Si, M.Si

Pembimbing II : Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si

Tanggal Ujian : 20 Juli 2016

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II



Jan Ady, S.Si, M.Si
NIP. 19720126 200212 1 002



Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si
NIP. 19680201 199303 1 004

Mengetahui,

**Ketua Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga**



Dr. Moh Yasin, M.Si
NIP. 19670312 199102 1 001

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, dipekenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah.

Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya :

Nama : Maya Ardiati
NIM : 081211331137
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi Universitas Airlangga
Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul :

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KOMPOSIT *POLYESTER* SERAT DAUN LONTAR DENGAN PENAMBAHAN VARIASI KONSENTRASI KALIUM PERMANGANAT (KMnO_4)

Apabila suatu saat nanti terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya

Surabaya, 20 Juli 2016



Maya Ardiati

081211331137

Maya Ardiati. 081211331137, 2016. Sintesis dan Karakterisasi Komposit *Polyester* Serat Daun Lontar dengan Penambahan Variasi Konsentrasi Kalium Permanganat (KMnO₄). Skripsi ini dibawah bimbingan Jan Ady, S.Si, M.Si dan Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang Sintesis dan Karakterisasi Komposit *Polyester* Serat Daun Lontar dengan Penambahan Variasi Konsentrasi Kalium Permanganat (KMnO₄). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi KMnO₄ terhadap karakteristik densitas, kekuatan tekan dan kekuatan tarik pada komposit serat daun lontar (*Borassus flabellifer*). Bahan komposit polimer yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin *polyester* BTQN 157 sebagai matrik dan serat daun lontar sebagai *filler*. Perbandingan komposit yang digunakan adalah 75% untuk matrik dan 25% untuk *filler*. Katalis yang digunakan untuk mempercepat proses pembuatan adalah katalis *Metyl Etyl Keton Peroksida* (MEKPO). pada penelitian ini akan disintesis serat daun lontar (*Borassus flabellifer*) yang direndam dengan larutan alkali KMnO₄. Perendaman dilakukan dengan variasi konsentrasi KMnO₄ 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%. Karakterisasi yang dilakukan adalah uji kerapatan, kuat tekan, kuat tarik dan SEM. Hasil penelitian menunjukkan nilai densitas serat tertinggi pada konsentrasi 2% KMnO₄ yaitu 0,767 g/cm³, densitas komposit polyester tertinggi pada konsentrasi 8% KMnO₄ yaitu 1,081 g/cm³, kuat tekan tertinggi pada konsentrasi 6% KMnO₄ yaitu 66,178 MPa, kuat tarik tertinggi pada konsentrasi 2% KMnO₄ yaitu 54,80 MPa. Dari hasil keseluruhan data menunjukkan bahwa Penambahan Variasi Konsentrasi Kalium Permanganat (KMnO₄) mempengaruhi sifat fisis dan mekanik dengan nilai optimum pada penambahan konsentrasi 2% KMnO₄ berdasarkan referensi maupun dari sampel kontrol (tanpa penambahan serat daun lontar) untuk bahan material industri.

Kata kunci : Komposit *polyester*, serat daun lontar, konsentrasi KMnO₄

Maya Ardiati. 081211331137, 2016. Synthesis and Characterization of Polyester Composites Fiber Palmyra Leaf with Addition Variation Concentration Potassium Permanganate (KMnO₄). This thesis under the guidance of Jan Ady, S.Si, M.Si and Drs. Izak Djony Rudyardjo, M.Si, Department of Physics, Faculty of Science and Technology, University of Airlangga.

ABSTRACT

Research on synthesis and characterization of polyester composites fiber palmyra leaf with addition variation concentration potassium permanganate (KMnO₄). This study aims to determine the effect of variations in the concentration of KMnO₄ on the characteristics of density, compressive strength and tensile strength to the composite fibers of palmyra leaf (*Borassus flabellifer*). Materials polymer composite used in this study was resin polyester BTQN 157 as the matrix and fiber palmyra leaf as filler. Comparison of composites used is 75% to 25% for the matrix and filler. The catalyst used to speed up the manufacturing process is a catalyst Metyl Etyl Ketone Peroxide (MEKPO). This research will be synthesized fibers of palmyra leaf (*Borassus flabellifer*) were soaked with a solution alkali KMnO₄. Soaking was done by varying the concentration of KMnO₄ 2%, 4%, 6%, 8% and 10%. Characterization is done is test the density, compressive strength, tensile strength and SEM. The results showed the highest fiber density value at a concentration of 2% KMnO₄ is 0.767 g/cm³, The highest density polyester composite at a concentration of 8% KMnO₄ is 1.081 g/cm³, The highest compressive strength at a concentration of 6% KMnO₄ is 66.178 MPa, the highest tensile strength at a concentration of 2% KMnO₄ is 54.80 MPa. From the results of the overall data showed that the addition of Variation of Concentration of Potassium Permanganate (KMnO₄) affects the physical and mechanical properties with optimum value in the addition of a concentration of 2% KMnO₄ by reference or control sample (without the addition of fibers of palm leaves) for industrial materials.

Keywords: Polyester composite, fiber palmyra leaf, concentration KMnO₄

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT atas segala berkah dan rahmat serta karunia-Nya yang telah diberikan kepada penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Sintesis dan Karakterisasi Komposit *Polyester* Serat Daun Lontar dengan Penambahan Variasi Konsentrasi Kalium Permanganat (KMnO₄)”**.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung ataupun tidak langsung, untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua, bapak Supardi dan ibu Sukarti tercinta serta seluruh keluarga penulis atas segala dukungan, motivasi dan doa yang selalu diberikan sampai sampai saat ini sehingga penelitian dan skripsi dapat selesai tepat waktu.
2. Beasiswa Bidikmisi 2012 dan rakyat Indonesia yang telah membiayai biaya perkuliahan selama 4 tahun di Universitas Airlangga
3. Bapak Jan Ady, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan waktu, saran, tenaga serta kesabarannya dalam membimbing penulis sampai terselesaikannya skripsi ini
4. Bapak Drs. Djony Izak Rudyardjo, M.Si selaku dosen pembimbing II atas semua bimbingan dan waktu yang telah diberikan.
5. Ibu Dr. Ir. Aminatun, M.Si, selaku dosen penguji I dan Ibu Dr. Suryani Dyah Astuti, M.Si, selaku dosen penguji II yang telah memberikan masukan dan perbaikan hingga terselesaikannya skripsi ini.

6. Bapak Bambang Suprijanto, M.Si, selaku dosen wali yang telah membimbing dari semester awal sampai akhir.
7. Ninis Nurhidayah, selaku teman seperjuangan yang telah memberikan ide penelitian dan selalu melakukan penelitian bersama.
8. Seluruh Bapak dan Ibu pengajar Departemen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi yang telah memberikan bekal ilmu yang bermanfaat.
9. Bapak Deni, selaku dosen laboratorium bengkel mekanik dan *glass* fisika yang telah membantu dalam penelitian skripsi.
10. Faridhatul Khasanah, Diana Ega Rani, Siti Zumrokhatus, Eli Krisniawati, Diana, Tala Septa Albian Yahya, Diko Fadillat, dan Eka Novitasari terimakasih atas doa dan dukungan yang selalu diberikan selama ini.
11. Teman-teman Fisika Material dan HIMAFI angkatan 2012 yang senantiasa memberikan kritik dan saran saat melakukan penelitian hingga selesai.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan penelitian selanjutnya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, 20 Juli 2016

Penyusun,

Maya Ardiati

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------|
| LEMBAR JUDUL | i |
| LEMBAR PERNYATAAN | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| LEMBAR PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI | iv |
| LEMBAR ORISINALITAS | v |
| ABSTRAK | vi |
| ABSTRACT | vii |
| KATA PENGANTAR | viii |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 4 |
| 1.3 Batasan Masalah | 4 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 5 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 Komposit <i>Polyester</i> | 6 |
| 2.2 Katalis <i>Methyl Ethyl Keton Peroxide</i> (MEKPO)..... | 10 |
| 2.3 Komposit Serat Lontar (<i>Borassus flabellifer</i>) | 11 |
| 2.4 Larutan Kalium Permanganat (KMnO_4) | 16 |
| 2.5 Metode <i>Hand Lay Up</i> (<i>Contact Molding</i>)..... | 17 |
| 2.6 Karakterisasi Serat Komposit | 19 |
| 2.6.1 Uji Kerapatan (<i>Density</i>) | 19 |
| 2.6.2 Uji Kekuatan Tekan (<i>Compressive Strength</i>)..... | 19 |

| | |
|---|-----------|
| 2.6.3 Uji Kekuatan Tarik (<i>Tensile Strength</i>)..... | 20 |
| 2.6.4 Uji SEM | 21 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 23 |
| 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian | 23 |
| 3.2 Alat dan Bahan Penelitian..... | 23 |
| 3.3 Rancangan Penelitian | 24 |
| 3.4 Variabel Penelitian | 24 |
| 3.4.1 Variabel Bebas | 24 |
| 3.4.2 Variabel Terikat | 24 |
| 3.4.3 Variabel Terkendali..... | 24 |
| 3.5 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian..... | 25 |
| 3.6 Tahap Persiapan | 26 |
| 3.7 Pembuatan Ruang Cetak Sampel | 27 |
| 3.6 Pembuatan Sampel Uji | 27 |
| 3.8 Karakterisasi Sampel | 29 |
| 3.8.1 Uji Kerapatan (<i>Density</i>)..... | 29 |
| 3.8.2 Uji Kekuatan Tekan (<i>Compressive Strength</i>) | 29 |
| 3.8.3 Uji Kekuatan Tarik (<i>Tensile Strength</i>) | 30 |
| 3.7.4 Uji SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>) | 31 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 33 |
| 4.1 Hasil Uji Kerapatan (Density) | 33 |
| 4.1.1 Hasil Uji Statistika Densitas Serat..... | 35 |
| 4.1.2 Hasil Uji Statistika Massa Serat | 36 |
| 4.1.3 Hasil Uji Statistika Volume Serat | 38 |
| 4.2 Hasil Uji Kekuatan Tekan (<i>Compressive Strength</i>)..... | 42 |
| 4.3 Hasil Uji Kekuatan Tarik (<i>Tensile Strength</i>)..... | 44 |
| 4.4 Hasil Uji SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>) | 48 |

| | |
|---|-----------|
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 52 |
| 5.1 Simpulan..... | 52 |
| 5.2 Saran..... | 53 |
| DAFTAR PUSTAKA | 54 |
| LAMPIRAN | 57 |

DAFTAR GAMBAR

| Nomor | Judul Gambar | Halaman |
|-------|--|---------|
| 2.1 | Komposisi Serat Komposit | 6 |
| 2.2 | Serat Daun Lontar | 14 |
| 2.3 | Metode <i>Hand Lay Up</i> | 18 |
| 3.1 | Skema Pelaksanaan Penelitian | 25 |
| 3.2 | <i>Universal Testing Machine</i> | 31 |
| 3.3 | Alat uji SEM | 32 |
| 4.1 | Grafik hubungan antara variasi konsentrasi KMnO_4 dengan densitas serat daun lontar | 39 |
| 4.2 | Grafik hubungan antara variasi konsentrasi KMnO_4 dengan densitas komposit <i>polyester</i> | 41 |
| 4.3 | Grafik hubungan antara variasi konsentrasi KMnO_4 dengan kekuatan tekan komposit <i>polyester</i> | 43 |
| 4.4 | Grafik hubungan antara variasi konsentrasi KMnO_4 dengan Tegangan tarik | 45 |
| 4.5 | Grafik hubungan antara variasi konsentrasi KMnO_4 dengan regangan tarik | 46 |
| 4.6 | Grafik hubungan antara variasi konsentrasi KMnO_4 dengan modulus tarik | 46 |
| 4.7 | Struktur permukaan tampang melintang komposit <i>polyester</i> serat daun lontar dengan konsentrasi KMnO_4 4% | 49 |
| 4.8 | Struktur mikro tampang melintang jarak antara serat dengan resin pada konsentrasi KMnO_4 4% | 49 |
| 4.9 | Struktur mikro tampang melintang komposit <i>polyester</i> serat daun lontar dengan konsentrasi KMnO_4 10% | 50 |
| 4.10 | Struktur mikro tampang melintang jarak antara serat dengan resin pada konsentrasi KMnO_4 10% | 50 |

DAFTAR TABEL

| Nomor | Judul Tabel | Halaman |
|-------|---|---------|
| 2.1 | Spesifikasi <i>Polyester Matrik Yukalac 157® BTQN – EX</i> tanpa <i>filler</i> | 9 |
| 2.2 | Klasifikasi tanaman <i>Borassus flabellifer</i> | 13 |
| 3.1 | Variasi Konsentrasi KMnO_4 | 28 |
| 4.1 | Data Hasil Pengukuran Densitas Serat Daun Lontar Yang Direndam Larutan KMnO_4 | 34 |
| 4.2 | Hasil Uji ANOVA Nilai Densitas Serat | 35 |
| 4.3 | Hasil Uji ANOVA Nilai Massa Serat | 37 |
| 4.4 | Hasil Uji ANOVA Nilai Volume Serat | 38 |
| 4.5 | Data Hasil Uji Densitas Sampel Komposit <i>Polyester</i> Serat Daun Lontar dengan Variasi penambahan Konsentrasi KMnO_4 | 41 |
| 4.4 | Data Hasil Uji Kuat Tekan Sampel Komposit <i>Polyester</i> Serat Daun Lontar dengan Variasi penambahan Konsentrasi KMnO_4 | 43 |
| 4.5 | Data Hasil Uji Kuat Tarik, Elongasi, dan Modulus Sampel Komposit <i>Polyester</i> serat daun lontar dengan Variasi penambahan Konsentrasi KMnO_4 | 45 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Nomor | Judul Lampiran | Halaman |
|--------------|--------------------------------|----------------|
| 1 | LAMPIRAN PERHITUNGAN | 54 |
| 2 | LAMPIRAN UJI STATISTIKA | 90 |
| 3 | LAMPIRAN DOKUMENTASI | 100 |
| 4 | LAMPIRAN DATA HASIL PENELITIAN | 108 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan industri dibutuhkan material yang memiliki sifat-sifat istimewa seperti logam. Material komposit polimer merupakan salah satu material alternatif pengganti logam yang memiliki banyak keunggulan, diantaranya memiliki sifat mekanik yang baik, memiliki massa jenis yang lebih rendah, tidak mudah korosi, bahan baku yang mudah didapat, harga yang relatif murah, memiliki sifat isolator panas dan suara, serta dapat dijadikan sebagai penghambat listrik yang baik (Widodo, 2008) .

Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit). Pada umumnya konsep material komposit yang dibuat dapat dibagi kedalam tiga kelompok utama antara lain komposit matrik logam (*Metal Matrix Composites* – MMC), komposit matrik keramik (*Ceramik Matrix Composites* – CMC) dan komposit matrik polimer (*Polymer Matrix Composites* – PMC). PMC merupakan komposit yang tersusun dari matrik dan serat penguat. Matrik PMC terdiri dari resin polimer seperti resin *polyester* merupakan jenis resin *thermoset* sedangkan seratnya terdiri dari serat sintetis. Resin *polyester* merupakan cairan yang mempunyai viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu

pengesetan seperti banyak resin *thermoset* lainnya. Komposit diproduksi dengan cara memadukan serat penguat dengan resin polimer.

Material komposit yang berpenguat serat terutama serat alam merupakan material alternatif yang sangat menguntungkan bila dibandingkan dengan material alternatif lainnya. Komposit yang diperkuat dengan serat dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu komposit serat pendek (*short fiber composite*) dan komposit serat panjang (*long fiber composite*). Serat panjang lebih kuat dibanding serat pendek. Panjang serat mempengaruhi kemampuan proses dari komposit serat. Serat panjang dapat meneruskan beban maupun tegangan dari titik tegangan ke arah serat yang lain (Schwart, 1984).

Serat alam yang berpotensi digunakan sebagai penguat bahan komposit adalah serat daun lontar (*Borassus flabellifer*). Lontar (*Borassus flabellifer*) adalah salah satu jenis palma atau Arecaceae yang tumbuh terutama di daerah kering. Penyebaran lontar (*Borassus flabellifer*) sangat luas yaitu dari India sampai Indonesia. Rekayasa antara lain menghasilkan bahan baru komposit alam yang ramah lingkungan dan mendukung gagasan pemanfaatan serat daun lontar (*Borassus flabellifer*) menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi dan teknologi tinggi. Untuk mencapai tujuan tersebut maka perlu dilakukan adanya penelitian tentang pemanfaatan limbah serat daun lontar (*Borassus flabellifer*). Srinivasababu *et.al*, pada tahun 2014, melakukan penelitian pemanfaatan serat daun lontar (*Borassus flabellifer*) sebagai komposit, untuk membersihkan lapisan lignin pada serat maka dilakukan perendaman menggunakan NaOH dengan konsentrasi 1%.

Sifat komposit dapat ditentukan oleh proses pencampuran bahan-bahan dasarnya. Proses tersebut meliputi perlakuan alkalisasi yang bertujuan untuk membuang lapisan lignin (lapisan lilin) yang menyelimuti serat alam sebelum dijadikan material komposit. Lapisan lignin inilah yang mengakibatkan kurang baiknya ikatan antara serat dengan matriks (Adiputra, 2011). Perlakuan alkalisasi dilakukan dengan cara perendaman serat didalam larutan KMnO_4 . Selain untuk membuang lapisan lilin, larutan KMnO_4 juga berfungsi meningkatkan kekuatan sifat mekanik komposit. Diperoleh fakta sifat mekanis komposit serat tapis kelapa bermatrik *Polyester* dengan perlakuan KMnO_4 dengan variasi 0.5%, 1% dan 2% memberi efek lebih baik dibandingkan dengan NaOH (Putu, 2007). Perlakuan KMnO_4 memberikan pengaruh pada permukaan serat, semakin besar persentase KMnO_4 akan menjadikan permukaan serat lebih bersih dan lebih kasar sehingga ikatan serat dengan matrik semakin kuat dan meningkatkan sifat mekanik komposit yang dibentuknya (Akhmad, 2011). Oleh karena itu pada penelitian ini akan disintesis serat daun lontar (*Borassus flabellifer*) yang direndam dengan larutan alkali KMnO_4 . Alkalisasi terbaik diperoleh pada konsentrasi 2% KMnO_4 dengan lama perendaman 2 jam (Prabowo, 2014). Pada penelitian ini perendaman dilakukan dengan variasi konsentrasi KMnO_4 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% yang diharapkan dapat memperoleh suatu komposit yang terbaik. Karakteristik yang dilakukan akan menggunakan uji struktur mikro SEM (*Scanning Electron Microscopy*), uji sifat fisis meliputi uji kerapatan (*Density*), serta uji sifat mekanik meliputi uji kekuatan tekan (*Compressive Strength*) dan uji kekuatan tarik (*Tensile Strength*).

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas maka rumusan masalahnya sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi KMnO_4 terhadap karakteristik densitas pada komposit serat daun lontar (*Borassus flabellifer*)?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi KMnO_4 terhadap kekuatan tekan dan kekuatan tarik pada komposit serat daun lontar (*Borassus flabellifer*)?

1.3 Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini ada beberapa hal yang menjadi batasan masalah, antara lain :

1. Untuk panjang serat daun lontar disesuaikan cetakan.
2. Variasi konsentrasi KMnO_4 adalah 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% yang diperoleh dari rumus pengenceran.
3. Perendaman dilakukan selama 120 menit.
4. Menggunakan konsep material komposit matrik polimer (*Polymer Matrix Composites – PMC*).
5. Menggunakan skema penyusunan serat sejajar dengan perbandingan antara matrik dan *filler* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 75 : 25.
6. Resin polimer yang digunakan adalah resin polyester BQTN 157 dan katalis yang digunakan adalah katalis (MEKPO).

7. Menggunakan metode *Hand Lay up*
8. Pengeringan sampel menggunakan suhu ruang selama 24 jam
9. Karakterisasi yang dilakukan antara lain uji mikro menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*), uji sifat fisis meliputi uji kerapatan (*Density*), serta uji sifat mekanik meliputi uji kekuatan tekan (*Compressive Strength*) dan uji kekuatan tarik (*Tensile Strengt*) dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi KMnO_4 terhadap karakteristik densitas pada komposit serat daun lontar (*Borassus flabellifer*).
2. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi KMnO_4 terhadap kekuatan tekan dan kekuatan tarik pada komposit serat daun lontar (*Borassus flabellifer*).

1.5 Manfaat Penelitian

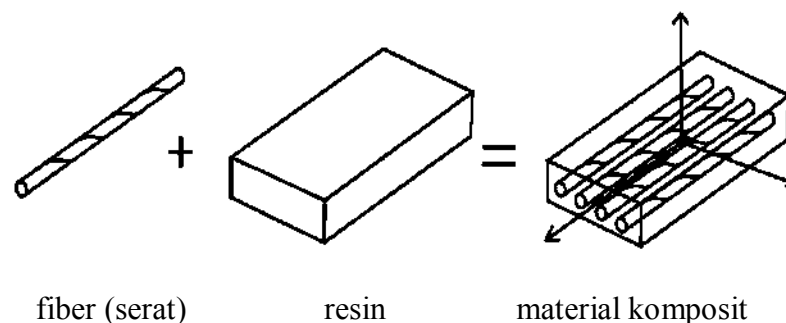
Penelitian ini diharapkan memberikan informasi tentang pengaruh konsentrasi KMnO_4 pada komposit serat lontar (*Borassus flabellifer*) terhadap karakteristik dan sifat mekanik agar diperoleh komposit dengan karakter yang terbaik dan selanjutnya dapat dimanfaatkan sebagai salah satu keperluan dalam bidang industri.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit *Polyester*

Komposit didefinisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang terpisah dikombinasikan dalam satuan struktur makroskopis dan dibuat dari variasi kombinasi dari tiga material yaitu logam, polimer, dan keramik. Secara sederhana dapat didefinisikan komposit terdiri dari dua material yang berbeda propertisnya yaitu matrik dan serat (*filler*). Serat merupakan bahan penguat (*reinforcement*) yang tersebar didalam matrik dengan orientasi tertentu. Fungsi utama matrik selain sebagai pengikat serat dan mendistribusikan beban kepada serat juga melindungi serat dari pengaruh lingkungan (Gibson, 1994). K. Van Rijswijk et.al dalam bukunya *Natural Fibre Composites* (2001) menjelaskan komposit adalah bahan hibrida yang terbuat dari resin polimer diperkuat dengan serat, menggabungkan sifat-sifat mekanik dan fisik. Ilustrasi ikatan dan sifat fisik polimer dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Komposisi Serat Komposit (Courney, 1983)

Komposit pada umumnya terdiri dari 2 fasa yaitu, matrik dan penguat (*reinforcement*). Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matrik diartikan sebagai material pengikat serat atau partikel namun tidak terjadi reaksi kimia dengan bahan pengisi. Secara umum matrik berfungsi sebagai pengikatan bahan pengisi, sebagai penahan dan pelindung serat dari efek lingkungan dari kerusakan baik kerusakan secara mekanik maupun kerusakan akibat reaksi kimia, mentransfer beban dari luar ke bahan pengisi, serta menjaga agar tetap stabil setelah proses manufaktur. Sedangkan penguat (*reinforcement*) berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit.

Berdasarkan *matriks* yang digunakan komposit dapat dikelompokkan kedalam tiga kelompok utama antara lain komposit matrik logam (*Metal Matrix Composites – MMC*), komposit matrik keramik (*Ceramik Matrix Composites – CMC*), dan komposit matrik polimer (*Polymer Matrix Composites – PMC*). MMC adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matriks logam. MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada mulanya yang diteliti adalah *Continuous Filamen* MMC yang digunakan dalam industri penerbangan. Berikutnya CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari keramik. Penguat yang umum digunakan pada CMC adalah oksida, carbide, nitride. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses *DIMOX* yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik di sekeliling daerah *filler*. Terakhir, PMC merupakan matriks yang paling

umum digunakan pada material komposit karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan (Gibson, 1994). *Matriks* polimer terbagi 2 yaitu termoplastik dan *thermoset*. Perbedaannya polimer termoplastik merupakan resin yang dapat dilunakkan terus menerus dengan pemanasan atau dikeraskan dengan pendinginan dan bisa berubah karena panas (bisa didaur ulang) misalnya, *Polyamid, nylon, polysurface, polyether* sedangkan polimer *thermoset* merupakan resin yang tidak bisa berubah karena panas (tidak bisa di daur ulang), misalnya *epoxy, polyester, phenolic*.

Secara umum komposit matrik polimer (PMC) telah banyak digunakan sebagai bahan substitusi untuk logam terutama karena sifat-sifatnya yang ringan, tahan korosi dan kimia, dan murah, khususnya untuk aplikasi-aplikasi pada temperatur rendah. Hal lain yang banyak menjadi pertimbangan adalah daya hantar listrik dan panas yang rendah, kemampuan untuk meredam kebisingan, warna dan tingkat transparansi yang bervariasi, kesesuaian desain dan manufaktur. Polimer yang sering digunakan adalah matrik polimer jenis *thermoset* yang berupa *polyester*. *Polyester* adalah resin *thermoset* yang berbentuk cair dengan viskositas yang relatif rendah, dengan penambahan katalis, *Polyester* mengeras pada suhu kamar. Resin *Polyester* banyak mengandung monomer stiren sehingga suhu deformasi termal lebih rendah dari pada resin *thermoset* lainnya dan ketahanan panas. Ada banyak tipe jenis resin, yaitu resin 108, resin 3126, resin BQTN 157, resin 2668, dan masih banyak lagi. resin *polyester* BTQN 157 merupakan resin yang sering digunakan untuk pembuatan komposit dengan bahan penguat serat. Tipe resin ini tahan terhadap air (suhu normal) dan asam lemah 157

BQTN, dimana matrik tersebut merupakan resin *polyester* hasil produksi PT. Justus Sakti Raya dengan merek dagang “YUKALAC”. Beberapa kandungan resin *polyester* BTQN 157 dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi *Polyester Matrik Yukalac 157® BTQN – EX* tanpa *filler*
(Sumber : Justus Kimia Raya, 1996)

| Sifat | Satuan | Nilai | Keterangan |
|-------------------------------|--------------------|-------|-------------------|
| Berat jenis | kg/mm ³ | 1.215 | 25°C |
| Kekerasan | | 40 | Barcol/GYJZ 934-1 |
| Suhu distorsi panas | °C | 70 | |
| Penyerapan air (suhu ruangan) | % | 0,188 | 24 jam |
| | % | 0,446 | 3 hari |
| kekuatan fleksural | kg/mm ² | 9,4 | |
| Modulus Fleksural | kg/mm ² | 300 | |
| Daya Rentang | kg/mm ² | 5.5 | |
| Modulus rentang | kg/mm ² | 300 | |
| Elongasi | % | 1 | |

Pada umumnya *polyester* tahan terhadap asam kecuali asam pengoksida, tetapi lemah terhadap alkali. Bila dimasukkan ke dalam air mendidih dalam waktu yang lama (300 jam), bahan akan pecah dan retak-retak. Bahan ini mudah mengembang dalam pelarut, yang melarutkan polimer stiren. Kemampuan terhadap cuaca sangat baik. Tahan terhadap kelembaban dan sinar UV bila dibiarkan di luar, tetapi sifat tembus cahaya rusak dalam beberapa tahun. Bahan ini dapat digunakan secara luas sebagai bahan komposit (Surdia, 1995).

2.2 Katalis *Methyl Ethyl Keton Peroxide* (MEKPO)

Untuk mempercepat proses pengeringan pada bahan matriks suatu komposit digunakan katalis. Pada penelitian ini katalis yang digunakan adalah katalis *Methyl Ethyl Keton Peroxide* (MEKPO) dengan bentuk cair dan berwarna bening (Taufik *et.al*, 2014) . Katalis adalah zat yang ditambahkan ke dalam suatu reaksi dengan maksud memperbesar kecepatan reaksi. Katalis sangat penting dalam proses kimia. Pentingnya katalis ditunjukkan oleh kenyataan bahwa lebih dari 75% proses produksi bahan kimia di industri disintesis dengan bantuan katalis. Teknologi katalis telah digunakan dalam industri kimia lebih dari 100 tahun lamanya dan penelitian serta pengembangan teknologi katalis telah menjadi semacam bidang kekhususan kimia. Katalis terkadang ikut terlibat dalam reaksi tetapi tidak mengalami perubahan kimiawi yang permanen, dengan kata lain pada akhir reaksi katalis akan dijumpai kembali dalam bentuk dan jumlah yang sama seperti sebelum reaksi.

Katalis mempercepat reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Suatu katalis berperan dalam reaksi tapi bukan sebagai pereaksi ataupun produk. Katalis memungkinkan reaksi berlangsung lebih cepat atau memungkinkan reaksi pada suhu lebih rendah akibat perubahan yang dipicunya terhadap pereaksi. Katalis menyediakan suatu jalur pilihan dengan energi aktivasi yang lebih rendah. Katalis mengurangi energi yang dibutuhkan untuk berlangsungnya reaksi. Adanya penambahan katalis akan menyebabkan terbentuknya tahap-tahap reaksi tambahan, yaitu tahap pengikatan katalis dan tahap pelepasan katalis pada akhir reaksi. Katalis ini bersifat spesifik,

artinya hanya berfungsi untuk suatu reaksi tertentu. Dengan kata lain penambahan katalis memberikan jalan baru bagi reaksi yang memiliki energi aktivasi yang lebih rendah, sehingga lebih banyak molekul yang bertumbukan pada suhu normal dan laju reaksi semakin cepat. Semakin banyak katalis reaksi curing akan semakin cepat, tetapi kelebihan katalis juga akan menimbulkan panas pada saat curing bisa merusak produk yang akan dibuat yaitu menjadikan bahan komposit getas atau rapuh. Oleh karena itu pemberian katalis dibatasi 1% sampai 2% dari berat resin (Wibowo, 2014).

2.3 Komposit Serat Lontar (*Borassus flabellifer*)

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon, serat aramid dan sebagainya. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit (Vlack, 2004).

Komposit yang diperkuat dengan serat dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu komposit serat pendek (*short fiber composite*) dan komposit serat panjang (*long fiber composite*). komposit serat pendek (*short fiber composite*)

dapat dibagi lagi menjadi dua bagian yaitu serat acak (*inplane random orientasi*) dan serat satu arah. Tipe serat acak sering digunakan pada produksi dengan volume besar karena faktor biaya manufakturnya yang lebih murah. Kekurangan dari jenis serat acak adalah sifat mekanik yang masih dibawah dari penguatan dengan serat lurus pada jenis serat yang sama. Komposit serat panjang (*long fiber composite*) mempunyai keistimewaan yaitu lebih mudah diorientasikan, jika dibandingkan dengan serat pendek. Secara teoritis serat panjang dapat menyalurkan pembebanan atau tegangan dari suatu titik pemakaiannya. Perbedaan serat panjang dan serat pendek yaitu serat pendek dibebani secara tidak langsung atau kelemahan matriks akan menentukan sifat dari produk komposit tersebut yakni jauh lebih kecil dibandingkan dengan besaran yang terdapat pada serat panjang (Dabade, 2006). Skema penyusunan serat ada 3 yaitu serat sejajar, serat terputus dan serat acak terputus. Penyusunan serat yang paling sering digunakan adalah penyusunan serat sejajar (Surdia, 1995).

Serat alam yang berpotensi digunakan sebagai komposit yaitu serat daun lontar (*Borassus flabellifer*). Lontar (*Borassus flabellifer*) adalah salah satu jenis palma atau Arecaceae yang tumbuh terutama di daerah kering. Penyebaran lontar (*Borassus flabellifer*) sangat luas yaitu dari India dan kemudian tersebar sampai ke Papua Nugini, Afrika, Australia, Asia Tenggara dan Asia tropis. Di Indonesia, selain Tuban, Jawa Timur lontar (*Borassus flabellifer*) banyak ditemukan di bagian timur pulau Jawa, Madura, Bali, Sulawesi, Nusa Tenggara Barat , dan Nusa Tenggara Timur. Ada tiga spesies terpenting dari *borassus*, yaitu *Borassus aethiopum* Mart, *Borassus flabellifer* Linn, dan *Borassus sundaicus* Becc.

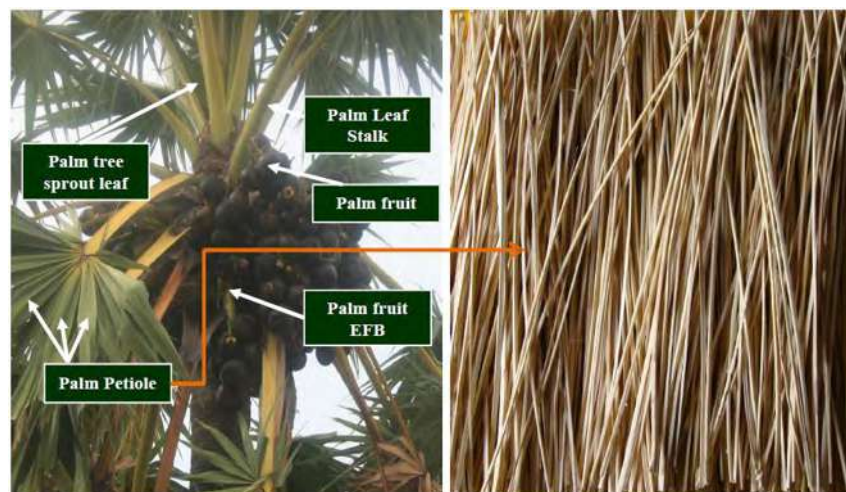
(Naguleswaran *et al*, 2010). Tanaman lontar atau siwalan (*Borassus flabellifer* L.) merupakan tanaman multi guna karena hampir semua komponennya dapat dimanfaatkan (Handayani, 1999). Komposisi unsur serat tanaman lontar belum diketahui karena belum adanya penelitian untuk tanaman lontar. Pada jurnal penelitian sebelumnya hanya ditemukan klasifikasi tanaman lontar. Berikut adalah klasifikasi tanaman lontar (*Borassus flabellifer*) yang berupa urutan kerajaan dan plantaenya dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi tanaman *Borassus flabellifer*
(Widjanarko, 2008)

| Kerajaan | Plantae |
|----------|-------------------------|
| Divisio | Angiospermae |
| Kelas | Monocotyledoneae |
| Ordo | Arecales |
| Familia | Arecaceae (sin. Palmae) |
| Genus | Borassus |
| Spesies | Borassus flabellifer |

Selama ini di daerah Tuban, Jawa Timur masyarakatnya hanya memanfaatkan buah dari tanaman lontar. Untuk bagian tanaman lainnya seperti serat dari pohon atau dari bagian daunnya masih sedikit digunakan, seperti hanya digunakan untuk tali. Jarang sekali pemanfaatan serat alam telah digunakan dalam berbagai sektor industri sepertiomotif, tekstil, produksi kertas dan dalam material komposit. Rekayasa antara lain menghasilkan bahan baru komposit alam yang ramah lingkungan dan mendukung gagasan pemanfaatan serat daun lontar

(*Borassus flabellifer*) menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi dan teknologi tinggi. Untuk mencapai tujuan tersebut maka perlu dilakukan adanya penelitian tentang pemanfaatan limbah serat daun lontar (*Borassus flabellifer*). Terkait dengan penggunaan serat alam sebagai penguat dalam komposit, serat alam mempunyai keuntungan antara lain kekuatan spesifik dan modulusnya yang tinggi, densitas rendah, harga rendah, melimpah di banyak negara, emisi polusi yang lebih rendah dan dapat di daur ulang (Joshi *et.al*, 2004). Serat daun lontar dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Serat daun lontar
(Nadendla Srinivasababu *et.al*, 2014)

Serat daun lontar (*Borassus flabellifuner*) yang ditunjukkan pada gambar diatas merupakan tulang daun yang terdapat ditengah daun lontar. Tulang daun lontar diperoleh dengan cara manual yaitu memisahkan serat yang berada ditengah daun lontar (*Borassus flabellifuner*). Serat daun lontar berbentuk seperti lidi yang terdapat pada pohon kelapa, perbedaannya serat daun lontar lebih lentur

sehingga bisa dibagi lagi menjadi bagian yang lebih tipis. Semakin tipis serat daun lontar maka akan membuat komposit lebih kuat.

Serat daun lontar digunakan sebagai filler dengan komposisi tidak boleh lebih 50% dari keseluruhan komposit. Komposisi serat lontar dengan volume 26,82% menghasilkan modulus kekuatan tarik sebesar 1.037,42 MPa dan telah ditingkatkan menjadi 1.052,83 MPa dengan volume serat 22,72% (Srinivasababu *et.al*, 2014). Komposit dipengaruhi oleh panjang dan arah serat. Pada 50 mm panjang serat, didapatkan kekuatan tarik maksimum komposit 42,65 MPa dan setelah itu menurun (Dabade, 2006). Arah serat juga mempengaruhi jumlah serat yang dapat diisikan ke dalam matriks. Makin cermat penataannya, makin banyak penguat dapat dimasukkan. Bila sejajar berpeluang sampai 90%, bila separuh saling tegak lurus peluangnya 75%, dan tatanan acak hanya berpeluang pengisian 15% sampai 50%. Hal tersebut menentukan optimum saat komposit maksimum (Surdia, 1995). Perhitungan fraksi volume dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut (Gibson, 1994).

$$V_f = \frac{m_f / f}{\frac{m_f}{f} + m_m / m} \times 100\% \quad (2.1)$$

dimana :

V_f = Fraksi volume serat (%)

f = Massa jenis serat (gram/cm³)

m_f = Massa serat (gram)

m = Massa jenis matrik (gram/cm³)

m_m = Massa matrik (gram)

2.4 Larutan Kalium Permanganat (KMnO₄)

Sifat komposit dapat ditentukan oleh proses pencampuran bahan-bahan dasarnya. Proses tersebut meliputi perlakuan alkalisasi yang bertujuan untuk membuang lapisan lignin (lapisan lilin) yang menyelimuti serat alam sebelum dijadikan material komposit. Alkalisasi adalah salah satu cara modifikasi serat alam untuk meningkatkan kompatibilitas antara matriks dengan serat. Dengan berkurangnya hemiselulosa, *lignin* atau *pectin* serat, akan meningkatkan kekasaran permukaan yang menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik antara serat dengan matrik, dan juga dengan proses perendaman akan membuat pori-pori disekitar permukaan serat (Wibowo,2014). Perlakuan alkalisasi dilakukan dengan cara perendaman serat didalam larutan KMnO₄.

Kalium permanganat (KMnO₄) merupakan kristal yang berwarna ungu, oksidator kuat, bersifat netral dan sedikit mempunyai sifat alkalinitas. Apabila kontak dengan senyawa yang mudah menyala akan menyebabkan kebakaran dan dijauhkan dari senyawa pereduksi, asam kuat, material organik, peroksida, alkohol dan senyawa kimia logam aktif. KMnO₄ (kalium permanganat) disusun oleh ion K⁺ (kalium) dan ion MnO₄⁻ (permanganat). Dengan reaksi pada persamaan 2.2.



KMnO₄ sangat berpengaruh pada pembuatan komposit. Diperoleh fakta sifat mekanis komposit serat tapis kelapa bermatrik *Polyeseter* dengan perlakuan KMnO₄ dengan variasi 0.5%, 1% dan 2% memberi efek lebih baik dibandingkan

dengan NaOH (Putu, 2007). Perlakuan 2% KMnO₄ memberikan pengaruh pada permukaan serat yang mana semakin besar persentasenya akan menjadikan permukaan serat lebih bersih dan lebih kasar sehingga ikatan serat dengan matrik semakin kuat dan meningkatkan sifat mekanik komposit yang dibentuknya (Akhmad, 2011).

Perhitungan konsentrasi larutan KMnO₄ dapat diperoleh dari rumus pengenceran dengan persamaan 2.3.

$$m_1 = \frac{m_2 \times \text{persentase konsentrasi KMnO}_4(\%)}{100\%} \quad (2.3)$$

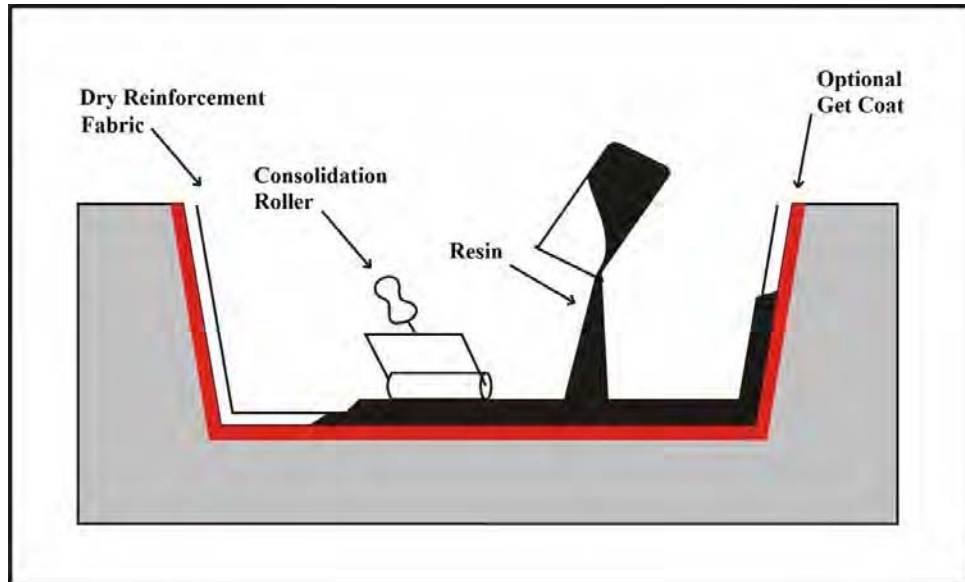
Dengan :

m_1 = massa zat terlarut (g)

m_2 = massa larutan (g)

2.5 Metode *Hand Lay Up* (*Contact Molding*)

Ada dua cara aplikasi resin yaitu, *Manual Resin Application*, proses pengaplikasian antara resin dan serat dilakukan secara manual dengan tangan dan *Mechanical Resin Application*, proses pengaplikasian antara resin dan fiber menggunakan bantuan mesin dan berlangsung secara kontinu. Proses ini dilakukan dalam kondisi dingin dan dengan memanfaatkan keterampilan tangan. Salah satu proses *Manual Resin Application* adalah pembuatan komposit dengan metode *hand lay up*. Dikatakan *Manual Resin Application* karena proses pembuatannya dilakukan dengan manual yaitu tangan kontak langsung dengan pembuatan komposit. Metode *hand lay up* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Metode *Hand Lay Up* (Smith, 1996)

Metode *hand lay up* merupakan metode yang paling sederhana diantara metode-metode manufaktur bahan komposit yang lain. Dikatakan sederhana karena tehniknya sangat mudah di aplikasikan yaitu cairan resin dioleskan diatas sebuah cetakan dan kemudian serat diletakkan diatasnya, kemudian dengan menggunakan roller / kuas resin kembali diratakan. Langkah ini dilakukan terus menerus hingga didapatkan ketebalan spesimen yang diinginkan (Made *et.al*, 2012). Pada metode *hand lay up* matrik langsung berkontak dengan udara, oleh sebab itu biasanya dilanjutkan penutupan dengan menggunakan kaca yang bertujuan agar *void* yang kelihatan dapat diminimalkan jumlahnya yang kemudian dilakukan pengepresan dengan menggunakan batu penekan. proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar.

2.6 Karakterisasi Serat Komposit

Karakteristik sifat komposit dapat diketahui dengan berbagai uji yaitu berupa uji morfologi menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*), uji sifat fisis meliputi uji kerapatan (*Density*), serta uji sifat mekanik meliputi uji kekuatan tekan (*compressive strength*) dan uji kekuatan tarik (*Tensile Strengt*) dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine*.

2.6.1 Uji Kerapatan (*Density*)

Uji densitas atau kerapatan merupakan suatu uji yang digunakan untuk mengetahui tingkat kerapatan komposisi pada sampel. Kerapatan atau massa jenis (kg/m^3) diperoleh dari perbandingan antara dua besaran yaitu massa (kg) dan volume (m^3). Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$= \frac{m}{V} = m/p \times l \times t \quad (2.4)$$

Dengan :

ρ = densitas (kg/m^3)

m = massa (kg)

v = volume (m^3)

2.6.2 Uji kekuatan tekan (*Compressive strength*)

Uji kekuatan tekan (*Compressive strength*) merupakan ukuran kekuatan maksimum dari bahan untuk menerima tekanan. Ukuran yang digunakan untuk uji tekan menggunakan Standar ASTM D-695. Benda uji berupa serat komposit berbentuk balok dengan ukuran cetakan ($5 \times 5 \times 5$) cm^3 (Taufik *et.al*, 2014).

Nilai dari (*Compressive strength*) dapat diperoleh dari persamaan :

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.5)$$

dengan F dan A berturut-turut adalah besarnya gaya dan luas permukaan sampel. Gaya yang bekerja pada benda menyebabkan perubahan ukuran benda, dimana kekuatan tekan merupakan tegangan maksimum yang diberikan untuk merusak atau mematahkan bahan.

2.6.3 Uji Tarik (*Tensile Strenght*)

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus elastisitas bahan dengan cara menarik spesimen sampai putus. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin uji tarik atau dengan *universal testing standar* (Standar ASTM D 638–2a).

Hubungan antara tegangan dan regangan pada beban tarik ditentukan dengan rumus sebagai berikut (Surdia, 1995).

$$F = \sigma \cdot A \text{ atau } \sigma = \frac{F}{A} \quad (2.6)$$

Dengan :

F = Gaya (N)

A = luas penampang (m²)

σ = tegangan (MPa)

Besarnya regangan adalah jumlah pertambahan panjang karena pembebanan dibandingkan dengan panjang daerah ukur (Surdia, 1995).

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2.7)$$

Dengan :

ϵ = *Engineering Strain* (regangan)

L_0 = Panjang mula-mula spesimen sebelum diberikan pembebanan (m)

ΔL = Pertambahan panjang (m)

Dari hasil tegangan dan regangan didapatkan nilai modulus tarik, ditentukan dengan rumus berikut :

$$Y = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (2.8)$$

Dengan :

Y = Modulus tarik (MPa)

σ = tegangan (MPa)

ϵ = *Engineering Strain* (regangan)

2.6.4 Uji SEM

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk mengamati permukaan objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10 – 3.000.000 kali, *depth of field* 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi

kristalogafi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri (Prasetyo, 2011).

SEM menggunakan elektron sebagai pengganti cahaya untuk menghasilkan bayangan. Berkas elektron dihasilkan dengan memanaskan filamen melalui tegangan tinggi, kemudian dikumpulkan melalui lensa kondensor elektromagnetik dan difokuskan oleh lensa objektif. Ketika arus dialirkan pada filamen maka terjadi perbedaan potensial antara kutub katoda dan anoda yang akhirnya akan menghasilkan elektron. Elektron yang dihasilkan selanjutnya akan melewati celah pelindung pada anoda, lensa magnetik, dan lensa objektif. Berkas elektron tersebut dipercepat oleh medan listrik dan menumbuk sampel atau spesimen pada stage melalui *scanning coil* menghasilkan elektron sekunder (*secondary electron*), elektron hambur balik (*backscattered electron*) yang dipantulkan dari sampel kemudian dideteksi dan dikuatkan oleh tabung multiplier yang kemudian ditransmisikan ke *scanner* ke TV, sehingga bentuk dan ukuran sampel terlihat dalam bentuk sinaran (*imaging beam*). Faktor yang menentukan penampilan dan resolusi adalah arus dan berkas pemercepat (Susanti, 2014).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama 5 bulan, dimulai Februari 2016 sampai dengan juni 2016. Tempat pembuatan sampel dilakukan di Laboratorium Fisika Material dan Fisika Mekanik dan *Glass* Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga. Proses uji densitas dilakukan di Laboratorium Laboratorium Fisika Mekanik dan *Glass* Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga. Uji tarik dan tekan dilakukan di Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya, sedangkan uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dilakukan di Laboratorium Energi LPPM Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam pembuatan sampel adalah neraca digital, gelas ukur, gelas beker, pengaduk, pipet tetes, cetakan komposit, kaca, dan baskom. Peralatan untuk keperluan analisis kuantitatif dan kualitatif menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*), dan *Torse Universal Testing Machine*.

Bahan yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah serat daun lontar, *silicon rubber*, katalis silikon, *polyester* BTQN 157, *wax mirror glaze*, katalis *Metyl Etyl Keton Peroksida* (MEKPO), KMnO_4 (Kalium Permanganat) dan *aquades*.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental pembuatan komposit *polyester* serat daun lontar. Sebelum pembentukan komposit, terlebih dahulu dilakukan perendaman serat yang nantinya digunakan sebagai *filler* dengan variasi konsentrasi KMnO_4 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%.

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang menjadi sebab atau mempengaruhi variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu variasi konsentrasi KMnO_4 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%.

3.4.2 Variabel Terikat

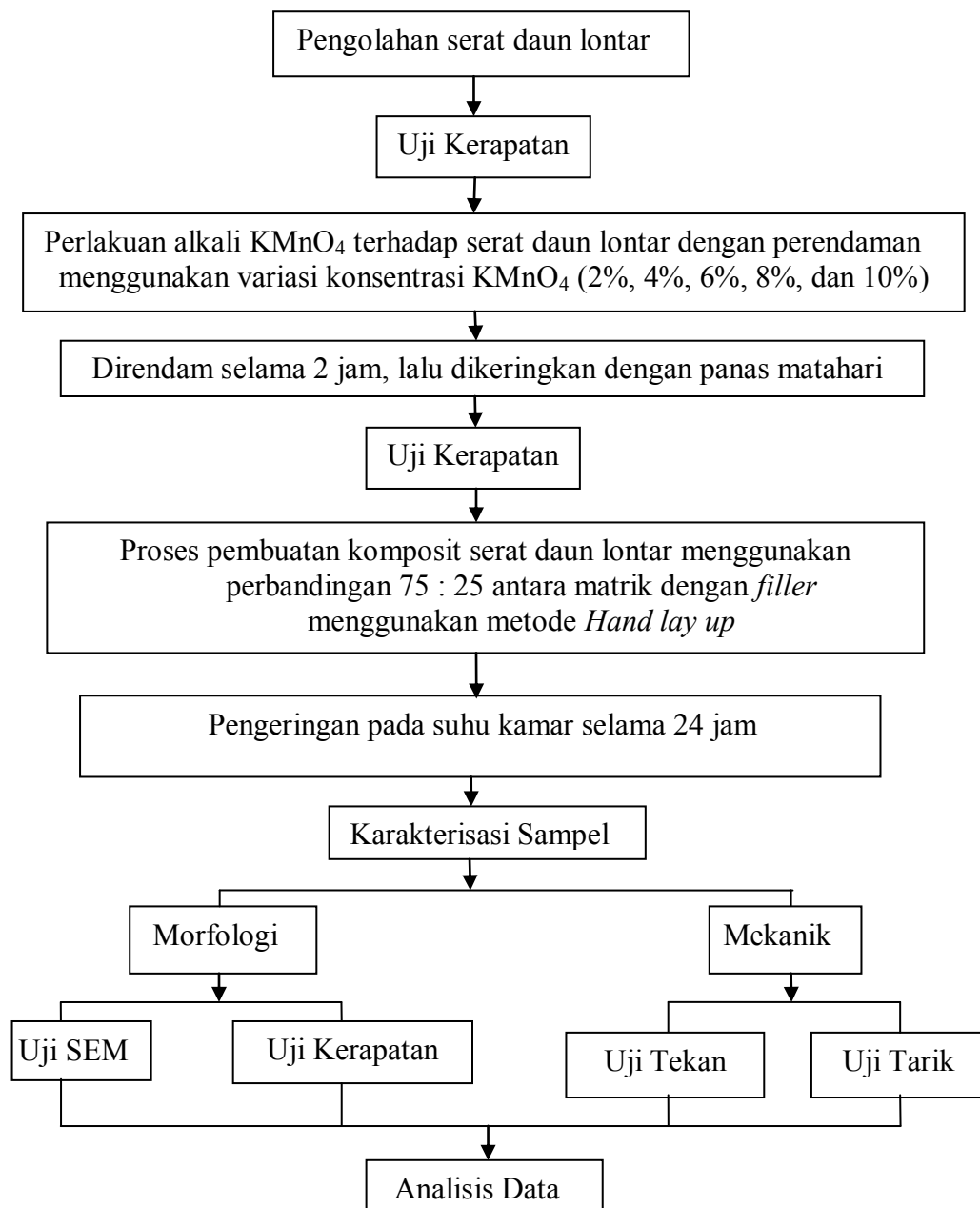
Variabel terikat atau merupakan variabel yang dipengaruhi atau menjadi akibat dari adanya variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini yaitu hasil uji densitas, kekuatan tarik dan kekuatan tekan.

3.4.3 Variabel Terkendali

Variabel terkendali merupakan parameter yang dikendalikan selama proses pengambilan data. Variabel terkendali pada penelitian ini yaitu lama perendaman serat, komposisi komposit, resin *polyester* BQTN 157, dan katalis MEKPO.

3.5 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Penelitian akan melalui beberapa tahapan yaitu pembuatan perlakuan alkali, pembuatan sampel, uji karakteristik dan kemudian analisis data. Tahapan ini dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Skema Pelaksanaan Penelitian

3.6 Tahap Persiapan

Penelitian akan melalui beberapa tahapan yaitu perendaman perlakuan alkali, pembuatan sampel, uji karakteristik dan kemudian analisis data. Sebelum melakukan penelitian, tahap awal yang dilakukan adalah membuat cetakan sampel dari bahan *silicone rubber* selanjutnya melakukan persiapan alat dan bahan. Alat yang digunakan adalah neraca digital, gelas beaker, pengaduk, cetakan, kaca, dan baskom. Peralatan untuk keperluan mengetahui struktur mikro menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) serta untuk kekutan tekan dan tarik menggunakan *Torse Universal Testing Machine*.

Fungsi dari masing-masing alat antara lain adalah neraca digital berfungsi untuk menimbang bahan yang akan digunakan, gelas beker digunakan untuk mengukur cairan, pengaduk berfungsi untuk mengaduk campuran KMnO_4 dengan *aquades*, pipet tetes digunakan untuk mengatur tetesan cairan agar tidak terlalu banyak yang dikeluarkan, cetakan digunakan untuk mencetak bahan komposit, kaca digunakan untuk menutup sampel saat pencetakan, dan baskom digunakan sebagai tempat perendaman serat dengan alkali.

Bahan yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah serat daun lontar, *silicon rubber*, katalis *silicon*, *polyester* BTQN 157, *wax mirror glaze*, katalis MEKPO, dan KMnO_4 (Kalium Permanganat). Sebagian alat dari penelitian bisa didapatkan di Laboratorium Fisika Material Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga dan bahan kimia dapat dibeli pada toko pusat bahan kimia di Surabaya.

3.7 Pembuatan Ruang Cetak Sampel

Pembuatan sampel dilakukan dengan pembuatan cetakan yang terbuat dari *silicone rubber* yang dicampur dengan katalisnya. Sebelum cetakan sampel dibentuk, pertama yang dibuat adalah cetakan kaca untuk *silicon rubber* yang sesuai ASTM untuk uji tekan dan uji tarik. Pada pembuatan cetakan ini perbandingan *siliicon rubber* dengan katalis silikon adalah 1 kg : 50 ml. Kemudian campuran silikon dengan katalis dimasukkan kedalam cetakan kaca yang sudah diolesi minyak goreng agar mudah untuk pelepasan silikon. Proses pembuatan cetakan ini berlangsung selama 24 jam.

3.8 Pembuatan Sampel Uji

Proses pembuatan komposit dari serat daun lontar terdapat beberapa tahapan. Tahap pertama adalah proses pembuatan serat daun yang diperoleh dari memisahkan tulang daun dengan daunnya.

Tahap kedua perlakuan alkali yaitu dengan mensintesis serat dengan larutan KMnO_4 . Pembuatan larutan alkali dilakukan dengan cara mencampurkan aquades dan larutan KMnO_4 . Ada 5 variasi konsentrasi KMnO_4 yaitu 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% yang akan dicampur dengan aquades, sehingga menjadi campuran yang homogen. Kemudian serat direndam kedalam larutan yang berbeda konsentrasi selama 2 jam. Setelah 2 jam serat diangkat lalu dibersihkan dengan air selama 10 menit dan dikeringkan dibawah sinar matahari.

Langkah selanjutnya membuat serat komposit dengan metode *hand lay up*, dimana membuat komposit dengan cetakan yang sudah ada dan metode yang

sederhana. Menggunakan skema penyusunan serat sejajar dengan perbandingan antara matrik dan *filler* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 75 : 25. *Filler* pada penelitian ini berupa serat yang berbeda konsentrasi perlakuan alkalisasi dengan 5 konsentrasi yang berbeda. Spesimen komposit dibuat dengan metode *hand lay up*. Pada pembuatan komposit ini, kadar katalis MEKPO yang digunakan adalah 1% dari resin *polyester*. Teknik pembuatan spesimen yaitu cairan resin dioleskan diatas sebuah cetakan dan kemudian serat layer pertama diletakkan diatasnya, kemudian dengan menggunakan roller atau kuas resin kembali diratakan. Langkah ini dilakukan terus menerus hingga didapatkan ketebalan spesimen yang diinginkan. Sebelumnya cetakan sudah diolesi dengan *wax mirror glaze* yang berfungsi memudahkan pengambilan benda uji dari cetakan. Alat cetakan ditutup rapat dengan kaca agar tidak ada *void* atau gelembung udara yang masuk dalam cetakan. Dengan tidak adanya *void* akan menghasilkan komposit yang lebih baik. Selanjutnya, campuran tersebut dikeringkan selama 24 jam pada suhu ruang. Spesimen dilepaskan dari cetakan dan dibentuk menjadi sampel uji yang sesuai dengan standar ASTM (*American Society for Testing and Materials*). Variasi Konsentrasi KMnO_4 terdapat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variasi Konsentrasi KMnO_4

| No | Jenis Sampel | Komposisi (%) Serat daun lontar : Resin BQTN 157 | Variasi konsentrasi KMnO_4 (%) |
|----|--------------|---|--|
| 1 | A | 25 : 75 | 2 |
| 2 | B | 25 : 75 | 4 |
| 3 | C | 25 : 75 | 6 |
| 4 | D | 25 : 75 | 8 |
| 5 | E | 25 : 75 | 10 |

3.9 Karakterisasi Sampel

Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui sifat fisis, sifat mekanik, dan struktur mikro yang muncul dari hasil pembuatan serat komposit. Beberapa uji yang dilakukan untuk mengetahui sifat fisis, sifat mekanik, dan struktur mikro tersebut antara lain adalah uji kerapatan, kekuatan tekan, kekuatan tarik, dan SEM.

3.9.1 Uji Kerapatan (*Density*)

Uji densitas atau kerapatan dilakukan untuk mengetahui tingkat kerapatan suatu komposisi pada sampel. Selain pada sampel, uji densitas ditunjukkan pada serat daun lontar sebelum dan sesudah akalisasi. Alat yang digunakan untuk mengetahui nilai kerapatan adalah jangka sorong yang memiliki ketelitian 0,05 mm dan neraca digital yang memiliki ketelitian 0,001 gram. Pengukuran dilakukan dengan cara menimbang sampel komposit dan kemudian mengukur volumenya.

Dari data yang sudah diperoleh dapat dihitung nilai kerapatan dengan menggunakan perbandingan antara massa dan volume sebagaimana ditunjukkan pada persamaan 2.4.

3.9.2 Uji Kekuatan Tekan (*Compressive Strength*)

Uji kekuatan tekan merupakan suatu ukuran gaya yang dibutuhkan untuk mematahkan material. Prosedur uji tekan pada sampel dilakukan dengan cara mengukur dan mencatat panjang, lebar, dan tinggi sampel. Kemudian meletakkan sampel pada permukaan mesin uji tekan dan dipastikan kondisi sampel lurus serta

berada tepat di wilayah pembebanan. Selanjutnya sebelum alat uji tekan dinyalakan, atur permukaan alat penekan pada mesin sehingga bersentuhan dengan permukaan uji sampel. Uji kuat tekan siap dilakukan dengan memberikan beban tekan pada bahan uji, sehingga akan mengalami deformasi sampai patah (Anita, 2014). Uji kekuatan tekan menggunakan standar ASTM D-695. Nilai kuat tekan (σ) diperoleh dari perbandingan antara gaya (F) dan luas bidang tekan (A) (persamaan 2.5).

3.9.3 Uji Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan maksimum, tegangan luluh, dan regangan (perpanjangan). Pembebanan tarik dilakukan dengan memberikan beban secara perlahan sampai material komposit mengalami putus. Adapun keuletan material, daerah elastisitas dan plastis serta titik putus akan terlihat dari grafik yang ada (Wibisono, 2015). Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Pada penelitian ini menggunakan uji tarik dengan standart ASTM D 638–2a. Alat uji kekuatan tarik dan juga digunakan untuk uji kekuatan tekan yaitu *Universal Testing Machine* yang terdapat pada Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 *Torse Universal Testing Machine*

Nilai kuat tarik (σ) diperoleh dari perbandingan antara gaya (F) dan luas bidang tarik (A) (persamaan 2.6).

3.9.4 Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Teknik *Scanning Electron Microscopy* atau SEM dapat digunakan untuk mengidentifikasi kandungan struktur dari suatu material. Selain itu, teknik SEM-EDX digunakan untuk mengetahui fasa-fasa dan gambar stuktur mikro dari suatu material (Ananto, 2008). Cara analisis SEM tidak merusak bahan karena menggunakan elektron sebagai sumber radiasinya. Berkas elektron akan menyapu permukaan spesimen titik demi titik dengan sapuan membentuk baris demi baris. Elektron yang ditembakkan pada permukaan bahan akan berinteraksi sehingga menghasilkan sinyal yang berisi informasi meliputi topografi, morfologi, komposisi serta informasi kristalografi permukaan bahan (Anita, 2014). Untuk

penelitian ini hanya menggunakan Uji SEM karena hanya untuk mengetahui struktur mikro, bukan kandungan unsurnya. Alat uji SEM ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Alat Uji SEM

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil penelitian dan pembahasan dari sintesis dan karakterisasi komposit *polyester* serat daun lontar dengan penambahan variasi konsentrasi kalium permanganat (KMnO_4). Pembahasan dari bab ini yakni hasil uji kerapatan (*Density*) serat daun lontar dan komposit *polyester* serat daun lontar, uji kekuatan tekan (*Compressive Strength*), uji kekuatan tarik (*Tensile Strength*), dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) pada komposit *polyester* serat daun lontar.

4.1 Hasil Uji Kerapatan (*density*)

Uji densitas atau kerapatan merupakan suatu uji yang digunakan untuk mengetahui tingkat kerapatan komposisi pada sampel. Pengujian kerapatan dilakukan sebagai analisis fisis untuk menunjang sifat mekanik komposit *polyester* serat daun lontar terhadap variasi konsentrasi KMnO_4 pada perendaman serat. Hasil pengukuran dan perhitungan kerapatan serat daun lontar terhadap variasi konsentrasi KMnO_4 pada perendaman serat dapat ditunjukkan pada Tabel 4.1 sampai Tabel 4.4 dan dinyatakan dalam Gambar 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Densitas Serat Daun Lontar Yang Direndam Larutan KMnO_4

| Variasi konsentrasi KMnO_4 | Sampel | Massa (g) | Volume (cm^3) | Densitas (g/cm^3) | Rata-rata Densitas (g/cm^3) |
|-------------------------------------|--------|-----------|--------------------------|-------------------------------------|---|
| 2% | 1 | 0,0538 | 0,082 | 0,658 | 0,754 |
| | 2 | 0,0510 | 0,053 | 0,966 | |
| | 3 | 0,0465 | 0,061 | 0,765 | |
| | 4 | 0,0536 | 0,077 | 0,699 | |
| | 5 | 0,0519 | 0,075 | 0,688 | |
| 4% | 1 | 0,0410 | 0,117 | 0,738 | 0,767 |
| | 2 | 0,0449 | 0,139 | 0,771 | |
| | 3 | 0,0430 | 0,139 | 0,743 | |
| | 4 | 0,0544 | 0,156 | 0,716 | |
| | 5 | 0,0567 | 0,157 | 0,866 | |
| 6% | 1 | 0,0482 | 0,059 | 0,812 | 0,717 |
| | 2 | 0,0436 | 0,060 | 0,724 | |
| | 3 | 0,0511 | 0,075 | 0,685 | |
| | 4 | 0,0506 | 0,068 | 0,748 | |
| | 5 | 0,0510 | 0,083 | 0,617 | |
| 8% | 1 | 0,0647 | 0,097 | 0,666 | 0,698 |
| | 2 | 0,0642 | 0,090 | 0,711 | |
| | 3 | 0,0622 | 0,089 | 0,695 | |
| | 4 | 0,0594 | 0,081 | 0,737 | |
| | 5 | 0,0599 | 0,087 | 0,682 | |
| 10% | 1 | 0,0647 | 0,097 | 0,666 | 0,698 |
| | 2 | 0,0642 | 0,090 | 0,711 | |
| | 3 | 0,0622 | 0,089 | 0,695 | |
| | 4 | 0,0594 | 0,081 | 0,737 | |
| | 5 | 0,0599 | 0,088 | 0,682 | |

4.1.1 Hasil Uji Statistika Densitas Serat

Nilai densitas yang diperoleh selanjutnya diuji normalitas dengan uji “Kolmogorov-Smirnov” untuk mengetahui bagaimana distribusi data nilai densitas pada serat. Nilai signifikansi dari hasil uji normalitas untuk densitas adalah 0,357. Nilai signifikansi dari hasil uji normalitas untuk densitas serat adalah lebih besar dari 0,05, maka nilai densitas serat terdistribusi normal.

Setelah terbukti bahwa data terdistribusi normal maka selanjutnya dilakukan Uji Homogenitas yang terdapat dalam uji ANOVA pada data tersebut. Nilai signifikansi hasil dari uji homogenitas densitas adalah 0,114 ini menunjukkan nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 yang memiliki varian homogen.

Selanjutnya dilakukan uji ANOVA untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan bermakna diantara setiap variasi konsentrasi KMnO_4 . Hasil uji ANOVA densitas serat adalah 0,427 seperti yang terdapat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Hasil Uji ANOVA Nilai Densitas Serat

| Serat | Konsentrasi KMnO_4 | N | Nilai densitas serat | | Hasil | |
|----------|-----------------------------|----|----------------------|----------------|-------|-------------------------|
| | | | Rerata | Std. Deviation | sig | kesimpulan |
| Densitas | 2% | 5 | 0,75520 | 0,124152 | 0,427 | Tidak ada beda bermakna |
| | 4% | 5 | 0,76680 | 0,058811 | | |
| | 6% | 5 | 0,71720 | 0,072558 | | |
| | 8% | 5 | 0,69820 | 0,027289 | | |
| | 10% | 5 | 0,69820 | 0,027289 | | |
| | Total | 25 | 0,72712 | 0,071640 | | |

Nilai signifikansi dari hasil uji ANOVA untuk semua densitas serat adalah lebih dari 0,05, maka diantara setiap variasi konsentrasi Kalium permanganat (KMnO_4) tidak ada beda bermakna, jadi hasil densitas serat bisa diambil nilai rerata.

4.1.2 Hasil Uji Statistika Massa Serat

Nilai signifikansi dari hasil uji normalitas untuk massa serat adalah 0,655. Nilai signifikansi dari hasil uji normalitas untuk massa serat adalah lebih besar dari 0,05, maka nilai massa serat terdistribusi normal.

Setelah terbukti bahwa data terdistribusi normal maka selanjutnya dilakukan Uji Homogenitas yang terdapat dalam uji ANOVA pada data tersebut. Nilai signifikansi hasil dari uji homogenitas massa adalah 0,002 ini menunjukkan nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05 yang memiliki varian tidak homogen.

Selanjutnya dilakukan uji ANOVA untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan bermakna diantara setiap variasi konsentrasi KMnO_4 . Hasil uji ANOVA massa serat adalah 0,000 seperti yang terdapat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Hasil Uji ANOVA Nilai Massa Serat

| Serat | Konsentrasi KMnO_4 | N | Nilai massa serat | | Hasil | |
|-------|-----------------------------|----|-------------------|----------------|-------|-------------------|
| | | | Rerata | Std. Deviation | sig | kesimpulan |
| Massa | 2% | 5 | 0,051360 | 0,0029585 | 0,000 | Ada beda bermakna |
| | 4% | 5 | 0,048000 | 0,0070757 | | |
| | 6% | 5 | 0,048900 | 0,0031906 | | |
| | 8% | 5 | 0,062080 | 0,0024139 | | |
| | 10% | 5 | 0,062080 | 0,0024139 | | |
| | Total | 25 | 0,054484 | 0,0074008 | | |

Nilai signifikansi dari hasil uji ANOVA untuk massa adalah kurang dari 0.05, maka diantara setiap variasi konsentrasi KMnO_4 minimum ada satu pasang variasi atau lebih yang menunjukkan perbedaan bermakna. Untuk mengetahui pasangan variasi konsentrasi KMnO_4 yang menunjukkan perbedaan bermakna dilakukan uji Post Hoc Games-Howell karena massa serat tidak homogen. Untuk massa serat pasangan variasi konsentrasi KMnO_4 yang berbeda bermakna adalah konsentrasi KMnO_4 2% dengan konsentrasi KMnO_4 8%, konsentrasi KMnO_4 2% dengan konsentrasi KMnO_4 10%, konsentrasi KMnO_4 4% dengan konsentrasi KMnO_4 8%, konsentrasi KMnO_4 4% dengan konsentrasi KMnO_4 10%, konsentrasi KMnO_4 6% dengan konsentrasi KMnO_4 8%, konsentrasi KMnO_4 6% dengan konsentrasi KMnO_4 10%. Sedangkan pasangan yang lain menunjukkan perbedaan tetapi tidak bermakna atau tidak signifikan.

4.1.3 Hasil Uji Statistika Volume Serat

Nilai signifikansi dari hasil uji normalitas untuk volume serat adalah 0,107. Nilai signifikansi dari hasil uji normalitas untuk volume serat adalah lebih besar dari 0,05, maka nilai massa serat terdistribusi normal.

Setelah terbukti bahwa data terdistribusi normal maka selanjutnya dilakukan Uji Homogenitas yang terdapat dalam uji ANOVA pada data tersebut. Nilai signifikansi hasil dari uji homogenitas volume adalah 0,116 ini menunjukkan nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 yang memiliki varian homogen.

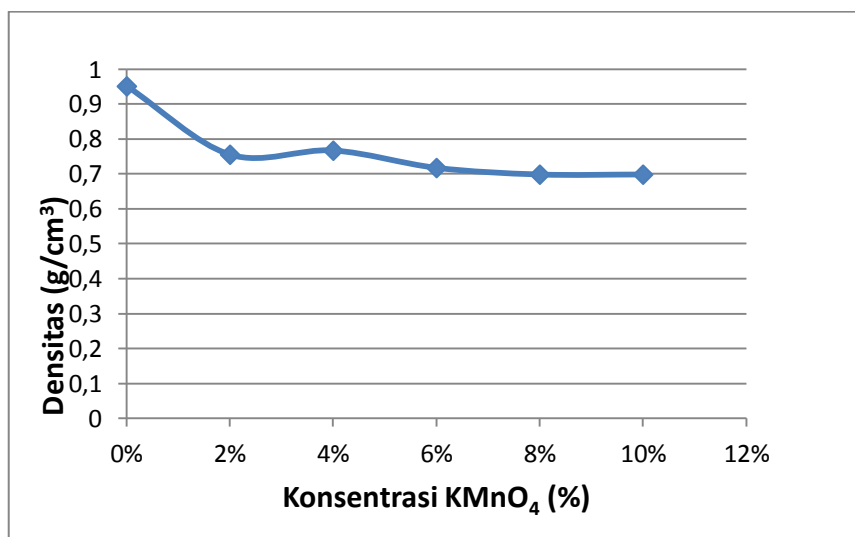
Selanjutnya dilakukan uji ANOVA untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan bermakna diantara setiap variasi konsentrasi KMnO_4 . Hasil uji ANOVA volume serat adalah 0,000 seperti yang terdapat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.4 Hasil Uji ANOVA Nilai Volume Serat

| Serat | Konsentrasi KMnO_4 | N | Nilai volume serat | | Hasil | |
|--------|-----------------------------|----|--------------------|----------------|-------|-------------------|
| | | | Rerata | Std. Deviation | sig | kesimpulan |
| Volume | 2% | 5 | 0,06960 | 0,012116 | 0,000 | Ada beda bermakna |
| | 4% | 5 | 0,14160 | 0,016303 | | |
| | 6% | 5 | 0,06900 | 0,010173 | | |
| | 8% | 5 | 0,08880 | 0,005762 | | |
| | 10% | 5 | 0,08900 | 0,005701 | | |
| | Total | 25 | 0,09160 | 0,028776 | | |

Nilai signifikansi dari hasil uji ANOVA untuk volume adalah kurang dari 0.05, maka diantara setiap variasi konsentrasi KMnO_4 minimum ada satu pasang variasi atau lebih yang menunjukkan perbedaan bermakna. Untuk mengetahui pasangan variasi konsentrasi KMnO_4 yang menunjukkan perbedaan bermakna dilakukan uji Post Hoc. Untuk volume serat pasangan variasi konsentrasi KMnO_4 yang berbeda bermakna adalah konsentrasi KMnO_4 2% dengan konsentrasi KMnO_4 4%, konsentrasi KMnO_4 4% dengan konsentrasi KMnO_4 2%, konsentrasi KMnO_4 4% dengan konsentrasi KMnO_4 6%, konsentrasi KMnO_4 4% dengan konsentrasi KMnO_4 8%, konsentrasi KMnO_4 4% dengan konsentrasi KMnO_4 10%. Sedangkan pasangan yang lain menunjukkan perbedaan tetapi tidak bermakna atau tidak signifikan.

Setelah didapatkan hasil rerata dari densitas serat maka didapatkan grafik pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara variasi konsentrasi KMnO_4 dengan densitas serat daun lontar

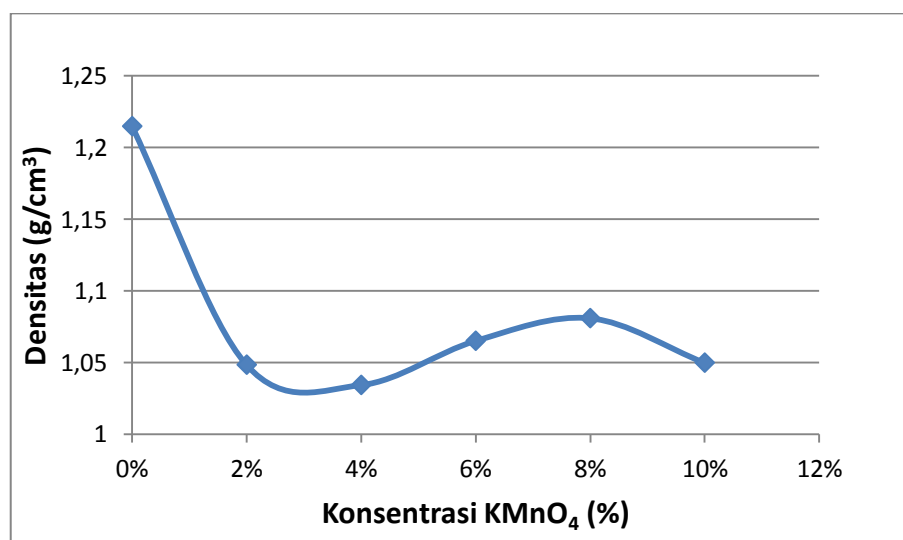
Berdasarkan hasil pengujian yang terdapat pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa serat daun lontar yang tidak diberi perlakuan perendaman mempunyai densitas yang lebih tinggi daripada densitas yang telah dilakukan perendaman. Untuk nilai densitas serat pada konsentrasi 0% KMnO_4 atau perlakuan kontrol terdapat pada lampiran perhitungan. Dari perlakuan perendaman 0% sampai 2% KMnO_4 didapatkan bahwa densitas menurun setelah dilakukan perendaman, yaitu dari $0,951 \text{ g/cm}^3$ ke $0,755 \text{ g/cm}^3$. Densitas serat pada perendaman 4% KMnO_4 merupakan densitas tertinggi di antara perendaman serat lainnya dengan nilai $0,767 \text{ g/cm}^3$ dan untuk perendaman 6% sampai 10% KMnO_4 mengalami penurunan yang beruntun meskipun sedikit. Hal ini dikarenakan larutan KMnO_4 membuang lapisan lilin pada serat yang membuat serat menjadi berpori dan mempunyai densitas lebih kecil daripada sebelumnya. Perlakuan KMnO_4 memberikan pengaruh pada permukaan serat yang mana semakin besar persentasenya akan menjadikan permukaan serat lebih bersih dan lebih kasar sehingga ikatan serat dengan matrik semakin kuat dan meningkatkan sifat mekanik komposit yang dibentuknya (Akhmad, 2011).

Selanjutnya mengukur kerapatan komposit *polyester* serat daun lontar. Hasil pengukuran dan perhitungan kerapatan komposit *polyester* serat daun lontar terhadap variasi konsentrasi KMnO_4 pada perendaman serat dapat ditunjukkan pada Tabel 4.5 dan dinyatakan dalam Gambar 4.2.

Tabel 4.5 Data Hasil Uji Densitas Sampel Komposit *Polyester* Serat Daun Lontar dengan Variasi penambahan Konsentrasi KMnO_4

| Variasi konsentrasi KMnO_4 | Sampel | Massa (g) | Volume (cm^3) | Densitas (g/cm^3) | Rata-rata Densitas (g/cm^3) |
|-------------------------------------|--------|-----------|--------------------------|-------------------------------------|---|
| 2% | 1 | 10,7939 | 10,378 | 1,040 | 1,048 |
| | 2 | 10,5849 | 10,015 | 1,057 | |
| 4% | 1 | 12,5046 | 12,593 | 0,993 | 1,034 |
| | 2 | 10,6169 | 9,869 | 1,076 | |
| 6% | 1 | 10,8097 | 10,288 | 1,051 | 1,065 |
| | 2 | 10,8926 | 10,089 | 1,080 | |
| 8% | 1 | 10,9808 | 10,235 | 1,073 | 1,081 |
| | 2 | 10,9354 | 10,041 | 1,089 | |
| 10% | 1 | 10,7274 | 10,574 | 1,014 | 1,050 |
| | 2 | 10,9788 | 10,115 | 1,085 | |

Setelah didapatkan hasil rerata dari densitas komposit maka didapatkan grafik pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara variasi konsentrasi KMnO_4 dengan densitas komposit *polyester*

Berdasarkan hasil pengujian kerapatan yang terdapat pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa nilai kerapatan tertinggi diperoleh pada sampel kontrol yaitu dengan kerapatan $1,215 \text{ g/cm}^3$. Nilai densitas komposit yang menurun ini menunjukkan berbanding lurus dengan densitas serat, meskipun penurunannya tidak pada konsentrasi yang sama. Pada densitas komposit diperoleh nilai tertinggi pada konsentrasi 8% KMnO_4 yaitu $1,081 \text{ g/cm}^3$ dan nilai terendah pada konsentrasi 4% KMnO_4 yaitu $1,034 \text{ g/cm}^3$. Penambahan serat daun lontar mempengaruhi densitas sampel karena sudah terbentuk komposit yang terdiri dari dua bahan yang berbeda, dimana resin sebagai matrik dan serat daun lontar sebagai *filler* (penguat). Densitas bahan yang berbeda membuat kerapatan komposit menurun, ini disebabkan densitas resin lebih tinggi daripada serat daun lontar. Secara keseluruhan nilai komposit maupun serat daun lontar pada perlakuan kontrol mempunyai densitas tertinggi.

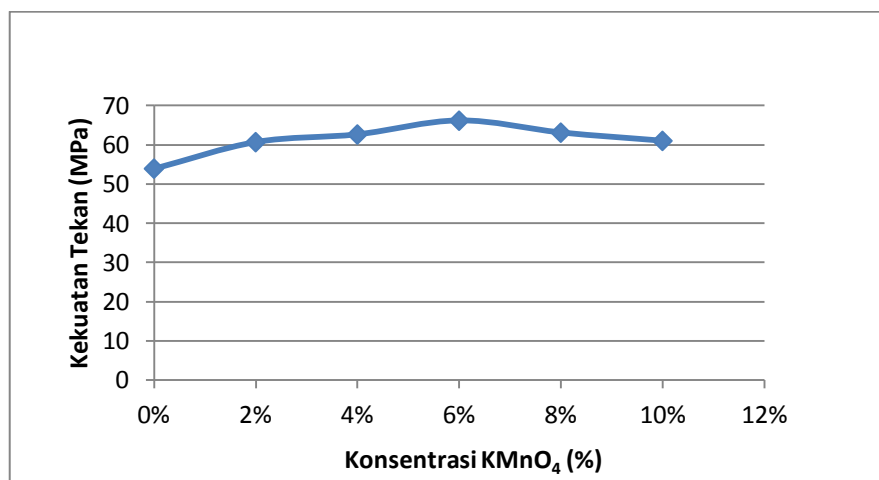
4.2 Hasil Uji Kekuatan Tekan (*Compressive Strength*)

Uji kekuatan tekan (*Compressive strength*) merupakan ukuran kekuatan maksimum dari bahan untuk menerima tekanan. Material industri khususnya otomotif sangat membutuhkan uji kekuatan tekan untuk mengetahui seberapa banyak gaya atau beban yang dapat diterima. Ukuran yang digunakan untuk uji tekan menggunakan Standar ASTM D-695. Penambahan konsentrasi KMnO_4 pada perendaman serat memberikan perbedaan nilai kuat tekan sampel komposit *polyester* serat daun lontar. Hasil pengukuran dan perhitungan kuat tekan sampel disajikan pada Tabel 4.6 dan dinyatakan dalam Gambar 4.3.

Tabel 4.6 Data Hasil Uji Kuat Tekan Sampel Komposit *Polyester* Serat Daun Lontar dengan Variasi penambahan Konsentrasi KMnO_4

| Konsentrasi KMnO_4 | Sampel | F(N) | A(m ²) | $\sigma = F/A$ (MPa) |
|-----------------------------|--------|--------|--------------------|----------------------|
| 0% | 1 | 86240 | 0,00229 | 53,949 |
| | 2 | 156800 | 0,00223 | |
| 2% | 1 | 155428 | 0,00256 | 60,706 |
| 4% | 1 | 159152 | 0,00254 | 62,657 |
| 6% | 1 | 168364 | 0,00254 | 66,178 |
| 8% | 1 | 160328 | 0,00254 | 63,126 |
| 10% | 1 | 157780 | 0,00258 | 61,033 |

Setelah didapatkan hasil kekuatan uji tekan komposit serat daun lontar maka didapatkan grafik pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara variasi konsentrasi KMnO_4 dengan kekuatan tekan komposit *polyester*

Hasil pengukuran kuat tekan dari semua sampel diperlihatkan pada Gambar 4.3. Berdasarkan data pengukuran tersebut diperoleh hasil bahwa nilai kuat tekan dari sampel dengan variasi perendaman KMnO_4 menghasilkan nilai yang semakin naik dari konsentrasi 0% sampai 6% KMnO_4 , dimana konsentrasi 6% KMnO_4

merupakan sampel kontrol dengan nilai densitas $1,215 \text{ g/cm}^3$. Nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada konsentrasi perendaman 6% KMnO_4 dengan nilai 66,178 MPa. Nilai kuat tekan tertinggi yang diperoleh pada penelitian ini memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan pada penelitian sebelumnya yang menggunakan serat daun pandan alas sebagai *filler* dengan nilai 17,1619 MPa yang dilakukan oleh Astuti, 2014. Pada konsentrasi 8% dan 10% KMnO_4 mengalami penurunan kuat tekan, hal ini terjadi karena dipengaruhi oleh teknik pembuatan sampel dan penambahan konsentrasi KMnO_4 yang terlalu banyak pada perendaman serat mengakibatkan serat semakin kasar (Maryati, 2011).

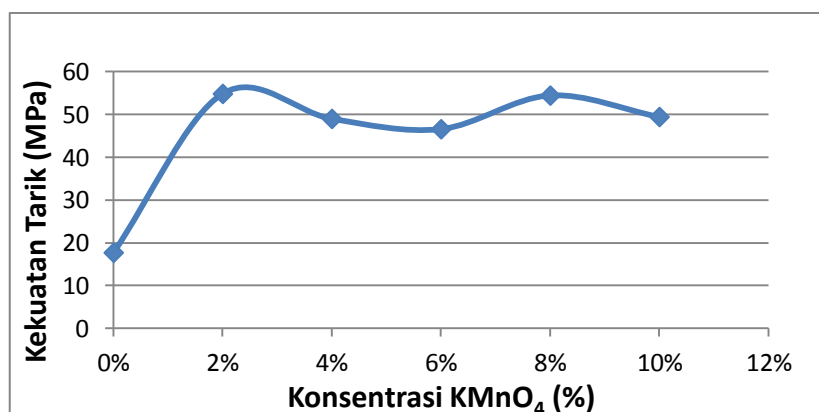
4.3 Hasil Uji Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus bahan dengan cara menarik spesimen sampai putus. Tekanan dan tarikan saat terbentuknya sampel untuk aplikasi industri menyebabkan kerusakan sehingga perlu pengujian kuat tarik dan elongasi. Pengujian kuat tarik dilakukan dengan membuat spesimen yang disesuaikan dengan standar pengujian tarik ASTM D 638-02a. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, data nilai kuat tarik, elongasi dan modulus tarik komposit *polyester* serat daun lontar terhadap variasi konsentrasi KMnO_4 pada perendaman serat disajikan pada Tabel 4.7 dan dinyatakan dalam Gambar (Gambar 4.4, Gambar 4.5 dan Gambar 4.6).

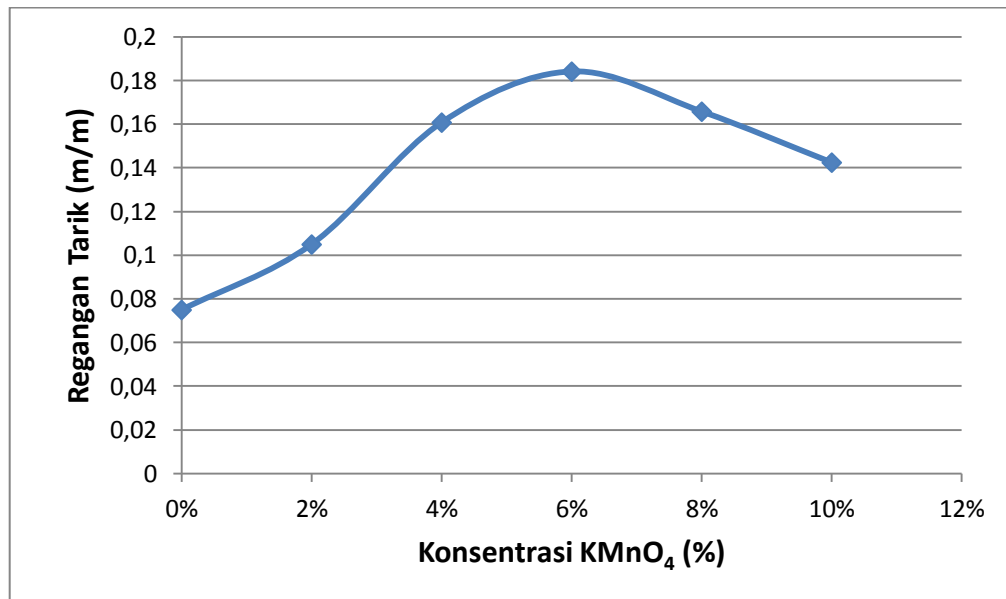
Tabel 4.7 Data Hasil Uji Kuat Tarik, Elongasi, dan Modulus Sampel Komposit Polyester Serat Daun Lontar dengan Variasi penambahan Konsentrasi KMnO_4

| Variasi konsentrasi KMnO_4 | Sampel | F(N) | A(m ²) | $\sigma = F/A$ (MPa) | Rata-rata Tegangan (MPa) | Elongasi ϵ (%) | Modulus tarik (MPa) |
|-------------------------------------|--------|---------|--------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|
| 0% | 1 | 1568 | 0,0001992 | 7,872 | 17,670 | 7,50 | 223,842 |
| | 2 | 5899,6 | 0,0002148 | 27,467 | | | |
| 2% | 1 | 12740 | 0,0002222 | 57,344 | 54,804 | 10,50 | 612,3963 |
| | 2 | 11270 | 0,0002156 | 52,264 | | | |
| 4% | 1 | 13426 | 0,0002290 | 58,630 | 48,958 | 16,08 | 319,0593 |
| | 2 | 8859,2 | 0,0002255 | 39,286 | | | |
| 6% | 1 | 9525,6 | 0,0002326 | 40,953 | 46,543 | 18,42 | 263,3892 |
| | 2 | 11720,8 | 0,0002248 | 52,132 | | | |
| 8% | 1 | 12406,8 | 0,0002240 | 55,379 | 54,405 | 16,58 | 332,5814 |
| | 2 | 12005 | 0,0002247 | 53,431 | | | |
| 10% | 1 | 12054 | 0,0002339 | 51,529 | 49,403 | 14,25 | 355,1189 |
| | 2 | 10505,6 | 0,0002222 | 47,277 | | | |

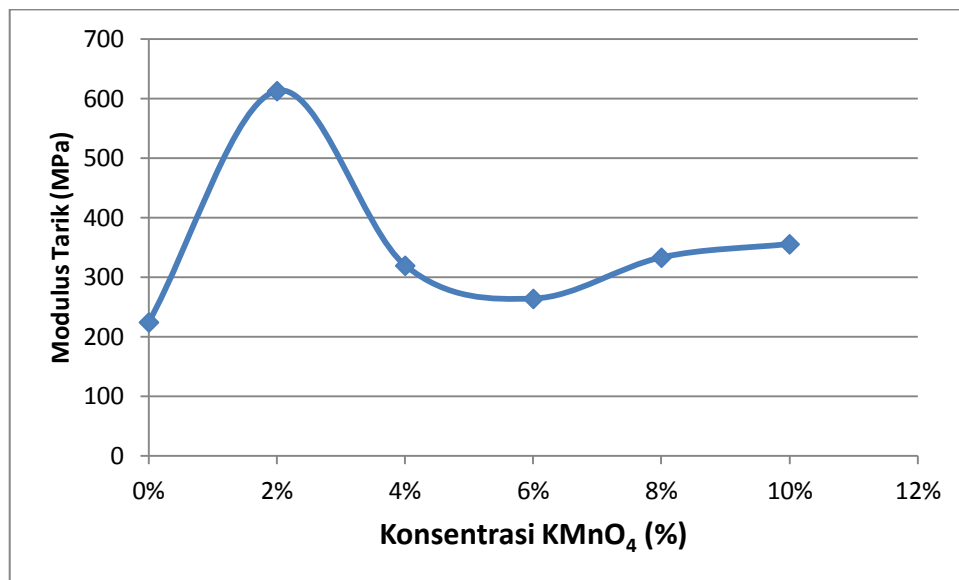
Setelah didapatkan hasil kekuatan, regangan dan modulus uji tarik komposit serat daun lontar maka didapatkan grafik pada Gambar 4.4 sampai dengan Gambar 4.6.



Gambar 4.4 Grafik hubungan antara variasi konsentrasi KMnO_4 dengan tegangan tarik



Gambar 4.5 Grafik hubungan antara variasi konsentrasi KMnO_4 dengan regangan tarik



Gambar 4.6 Grafik hubungan antara variasi konsentrasi KMnO_4 dengan modulus tarik

Pada penelitian ini resin polyester BTQN 157 diberikan penambahan serat yang sudah melalui perlakuan kimia yaitu direndam dengan larutan KMnO_4 untuk mengetahui tegangan, regangan, dan modulus tarik. Resin *polyester* BTQN 157 merupakan resin yang sering digunakan untuk pembuatan komposit dengan bahan penguat serat.

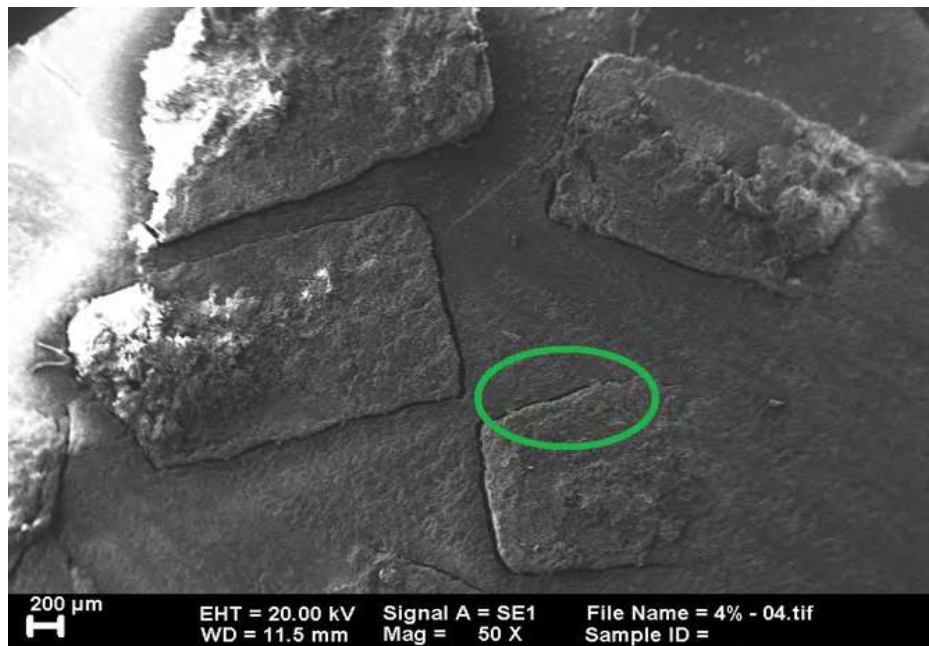
Berdasarkan Gambar 4.4 terlihat bahwa nilai kuat tarik tertinggi pada konsentrasi 2% KMnO_4 dengan nilai 54,80 MPa. seiring bertambahnya konsentrasi KMnO_4 saat perendaman nilai kuat tarik semakin berkurang, sempat naik pada konsentrasi 8% dan 10% KMnO_4 , namun nilainya tidak melebihi nilai pada konsentrasi 2% KMnO_4 . Nilai tertinggi 54,804 MPa ini lebih rendah 1,886 MPa dari penelitian Nadendla Srinivasababu yang kekuatan tarik tertinggi mendapatkan 56,69 MPa, ini disebabkan karena hasil terdiri dari dua data dan akhirnya yang di rata-rata. Apabila data diambil per sampel maka nilai tertinggi diperoleh pada konsentrasi 4% KMnO_4 dengan nilai kuat tarik 58,63 MPa, nilai ini lebih tinggi 1,94 MPa dari penelitian Nadendla Srinivasababu yang kekuatan tarik tertinggi mendapatkan 56,69 MPa.

Berdasarkan Gambar 4.5 terlihat nilai elongasi naik sampai konsentrasi 6% KMnO_4 dan turun pada konsentrasi 8% dan 10% KMnO_4 . Nilai elongasi tertinggi terdapat pada konsentrasi 6% KMnO_4 dengan nilai 0,184, tetapi pada saat konsentrasi 8% dan 10% KMnO_4 nilai elongasi menurun. Hal tersebut membuktikan adanya pengaruh penambahan Konsentrasi KMnO_4 pada perendaman serat daun lontar.

Berdasarkan Gambar 4.6 menghasilkan modulus tarik tertinggi pada konsentrasi 2% KMnO_4 dengan nilai 612,39 MPa. Sedangkan pada konsentrasi selanjutnya terus menurun dari konsentrasi 2% sampai 6% KMnO_4 . untuk konsentrasi 6% sampai 10 % KMnO_4 naik sedikit meskipun nilainya tidak melebihi konsentrasi 2% KMnO_4 . Secara keseluruhan nilai modulus tarik cenderung menurun setelah konsentrasi 2% KMnO_4 . Nilai modulus tarik berbanding terbalik dengan elongasi, dimana nilai tertinggi pada elongasi merupakan nilai terendah pada modulus tarik begitupun sebaliknya.

4.4 Hasil Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

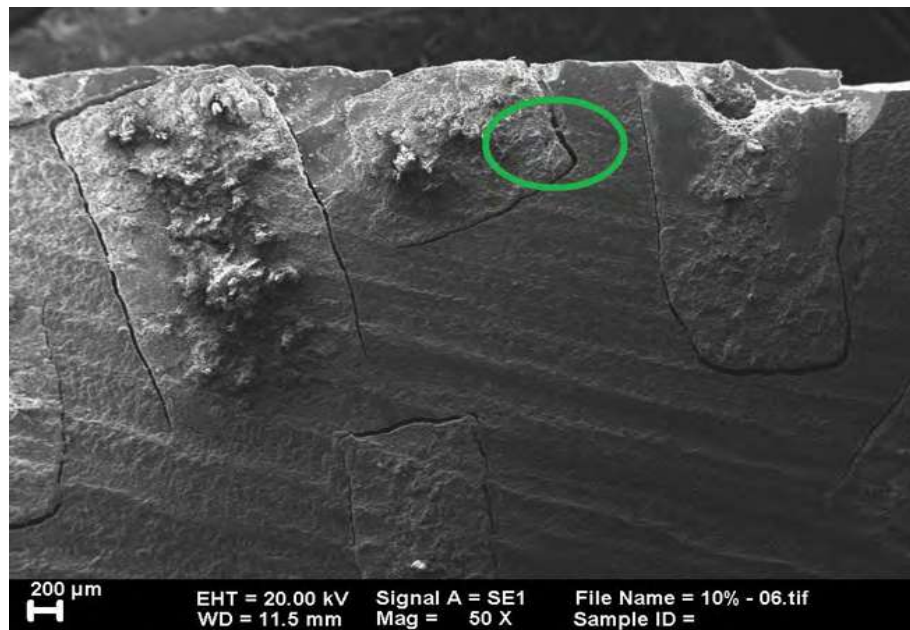
Uji SEM atau uji struktur mikro merupakan uji yang akan menghasilkan struktur permukaan sampel. Hal yang melatar belakangi uji ini adalah keingintahuan terhadap kenampakan jarak antara serat daun lontar dengan resin pada komposit *polyester* serat daun lontar. Fungsi dari uji ini adalah untuk membuktikan apakah dengan adanya struktur yang memperlihatkan jarak antara serat daun lontar dengan resin yang dihasilkan, nantinya akan mempengaruhi sifat mekanik yang ada pada komposit *polyester* serat daun lontar. hasil uji struktur mikro ini juga untuk mendukung uji mekanik yang dilakukan. Hasil pengujian struktur mikro pada sampel komposit *polyester* serat daun lontar ditunjukkan pada Gambar 4.7 sampai dengan Gambar 4.10.



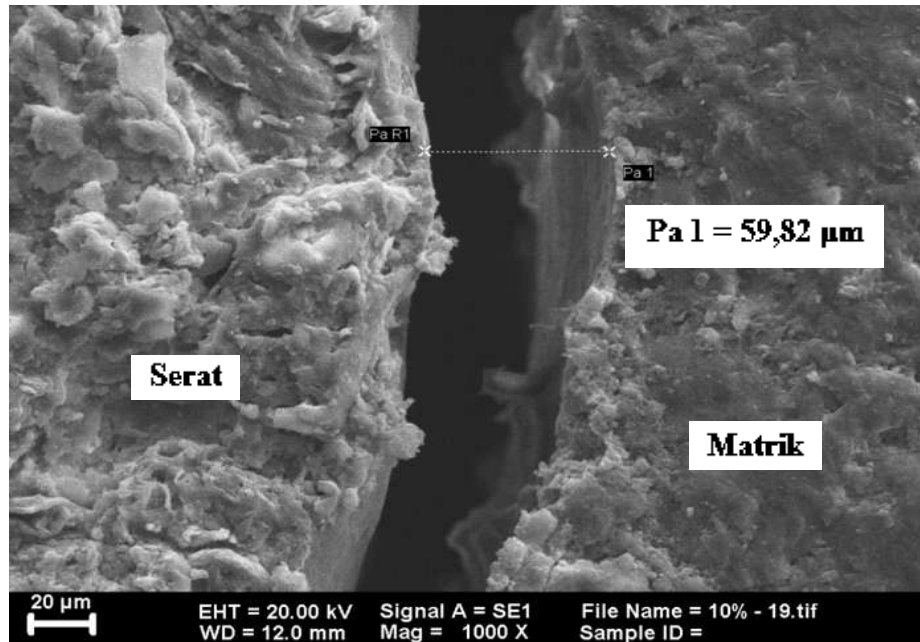
Gambar 4.7 Struktur mikro permukaan tampang melintang komposit *polyester* serat daun lontar dengan konsentrasi KMnO_4 4%



Gambar 4.8 Struktur mikro permukaan tampang melintang jarak antara serat dengan resin pada konsentrasi KMnO_4 4%



Gambar 4.9 Struktur mikro permukaan tampang melintang komposit *polyester* serat daun lontar dengan konsentrasi KMnO_4 10%



Gambar 4.10 Struktur mikro permukaan tampang melintang jarak antara serat dengan resin pada konsentrasi KMnO_4 10%

Berdasarkan hasil struktur mikro yang ditunjukkan pada Gambar 4.7, Gambar 4.8, Gambar 4.9, dan Gambar 4.10 terlihat adanya pengaruh konsentrasi KMnO_4 terhadap komposit *polyester* serat daun lontar. pada Gambar 4.7 terlihat bahwa struktur morfologi sampel lebih rapat dan juga terdapat jarak yang lebih rapat antara serat dengan resin dibandingkan dengan struktur morfologi pada Gambar 4.9. perbedaan ini juga diperjelas oleh Gambar 4.8 dan Gambar 4.10 dimana jarak pada Gambar 4.8 lebih dekat yaitu 11,97 μm sedangkan pada Gambar 4.10 mempunyai jarak yang lebih jauh yaitu 59,82 μm . Hal ini juga berpengaruh pada nilai kuat tekan dan kuat tarik, dimana dengan struktur morfologi sampel yang lebih rapat menjadikan nilai kuat tekan dan kuat tarik sampel menjadi besar.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan serangkaian penelitian, analisis, dan pembahasan yang telah dilakukan tentang kajian sintesis dan karakterisasi komposit *polyester* serat daun lontar dengan penambahan variasi konsentrasi kalium permanganat (KMnO_4), maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan variasi konsentrasi kalium permanganat (KMnO_4) 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% memberikan pengaruh densitas komposit *polyester* serat daun lontar. Pada densitas komposit diperoleh nilai tertinggi pada konsentrasi 8% KMnO_4 yaitu $1,081 \text{ g/cm}^3$ dan yang terendah pada 4% KMnO_4 yaitu $1,034 \text{ g/cm}^3$.
2. Penambahan variasi konsentrasi kalium permanganat (KMnO_4) 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% memberikan pengaruh kekuatan tekan dan tarik komposit *polyester* serat daun lontar. Pada uji kekuatan tekan menghasilkan komposit dengan nilai optimum untuk kekuatan tekannya pada konsentrasi 6% sebesar 66,178 MPa, sedangkan nilai kekuatan tekan terendah pada konsentrasi 10% sebesar 61,033 MPa. Pada uji kekuatan tarik menghasilkan komposit dengan nilai optimum untuk kekuatan tariknya pada konsentrasi 2% sebesar 54,804 MPa, sedangkan nilai kekuatan tarik terendah pada konsentrasi 6% sebesar 46,543 MPa.

5.2 Saran

1. Pada penelitian selanjutnya, peneliti menyarankan pengaturan serat daun lontar dalam resin polyester di atur sebaik mungkin agar kekuatan mekanik menjadi lebih baik.
2. Perlu dilakukan uji termal pada komposit polyester serat daun lontar untuk mengetahui ketahanan komposit terhadap temperatur dan kekuatan mekanik yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. (1997) : *Standard Test Method for Thickness and Density of Blanket or Batt Thermal Insulation*, ASTM C 167-93. American Society for Testing and Material.
- ASTM. D 638-02a, 1994, *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*, American Society for Testing and Materials.
- Abanat, J. et.al. 2012. *Pengaruh Fraksi Volume Serat Pelelepah Gebang (Corypha Utan Lamarck) Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekuatan Impak Pada Komposit Bermatrik Epoksi*. Malang : Universitas Brawijaya.
- Adiputra, M.Rajief. 2011. *Pengaruh Perlakuan Natrium Hidroksida (NaOH) Terhadap Sifat Mekanik Komposit Sekam Padi*. Padang : Jurusan Teknik, Universitas Andalas.
- Azwar. 2009. *Studi Perlakuan Mekanik Komposit Berbasis Polyester yang Diperkuat dengan Partikel Serbuk Kayu Keras dan Lunak*. Jurnal of science and technology : Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Dabade, B. M., Ramachandra Reddy, G., Rajesham, S., Udaya Kiran, C. 2006. *Effect of fiber length and fiber weight ratio on tensile properties of sun hemp and palmyra fiber reinforced polyester composites*. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 25, p. 1773.
- Fauziah, Wenny Nur. 2015. *Uji Aktivitas Antimikroba Ekstrak Etanol Daun, Kulit, dan Biji Kelengkeng Terhadap Pertumbuhan dan Penyebab Kerusakan Siwalan*. Malang : UIN Malik Ibrahim.
- Gibson, R.F. 1994. *Principle of Composite Material Mechanics*, McGraw-Hill International Book Company. New York.
- Kosjoko, Achmad As'as Sonief, Djoko Sutikno, 2011, *Pengaruh Waktu Perlakuan Kalium Permanganate (KMnO₄) Terhadap Sifat Mekanik Komposit Serat Purun Tikus (Eleocharis Dulcis)*, Universitas Muhammadiyah : Jember.
- M. M Schwartz. 1997. *Composite Materials Handbook*, Mcgraw-Hill Book Co. New York.
- Made Rasindradita G, Wajan Berata. 2012. *Pengaruh Penambahan Prosentase Fraksi Volume Hollow Glass Microsphere Komposit Hibrida Lamina dengan Penguat Serat Anyaman terhadap Karakteristik Tarik dan Bending*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Nadendla Srinivasababu, Suresh Kumar, J., Vijaya Kumar Reddy, K.. 2012. *Mechanical and Dielectric Properties of PTSL FRP Composites*, *Advanced Materials Research*, 585, p. 311.
- Nadendla Srinivasababu. 2014. *Manufacturing and Characterization of Long Palmyra Palm/Borassus Flabellifer Petiole Fibre Reinforced Polyester Composites*, Mechanical Engineering Department, JNTUH College of Engineering, Hyderabad, 500 085, India.
- Putradi, Gagah Ikhsan. 2011. *Kekuatan Impak Komposit Sandwich Berpenguat Serat Aren*. Surakarta : Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Putu Lokantaro dan Ngakan Putu Gede Suardana. 2007. *Analisis arah dan perlakuan serat tapis kelapa serta rasio epoxy hardener terhadap sifat fisis dan mekanik komposit tapis kelapa*. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM* Vol. 1 No. 1, (15 – 21).
- Smith, W.F. (1996). *Principles of Materials Science and Engineering*, 2nd ed, McGraw-Hill, Singapore.
- Surdia, T., Saito, S. (1992). *Pengetahuan Bahan Teknik*, Edisi ketiga, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Surdia, T dan Saito, S. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita. Jakarta.
- Susanti, Anita. 2014. *Pengaruh Variasi Waktu Milling Terhadap Karakteristik Semen Gigi Glass Ionomer Cement (GIC)*. Surabaya : Departemen Fisika, Universitas Airlangga.
- Syarief, Akhmad. 2011. *Uji Lentur Komposit Polyester - Serat Purun Tikus (Eleocharis Dulcis)*. Banjarmasin : Staf Pengajar Fakultas Teknik Unlam Banjarmasin.
- Taufik, Citra Mardatillah dan Astuti. 2014. *Sintesis dan Karakterisasi Sifat Mekanik serta Struktur Mikro Komposit Resin yang Diperkuat Serat Daun Pandan Alas (Pandanus dubius)*. Universitas Andalas : Jurusan Fisika FMIPA.
- Tumpal, Ojahan R. et.al. 2015. *Analisis Fraksi Volume Serat Pelelepah Batang Pisang Bermatriks Unsaturated Resin Polyester (UPR) Terhadap Kekuatan Tarik Dan SEM*. Bandar Lampung : Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Malahayati.

- Van Vlack Lawrence H., (2004). *Elemen-Elemen Ilmu dan Rekayasa Material*, Edisi 6, Erlangga, Jakarta.
- Wibisono, Reza Riyantoko. 2015. *Analisa Pengujian Tarik Pipa Komposit Serat Batang Pisang Bermatrik Polyester BQTN 157 Dengan Sudut Serat 65° /- 65° Pada Variasi Temperatur Ruang Uji*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wibowo , Rendy Dwi. 2014. *Sifat Fisis dan Mekanis Akibat Perubahan Temperatur Pada Komposit Polyester Serat Batang Pisang yang di Treatment Menggunakan KMnO₄*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah.
- Widodo, Basuki. 2008. *Analisa Sifat Mekanik Komposit Epoksi Dengan Penguat Serat Pohon Aren (Ijuk) Model Lamina Berorientasi Sudut Acak (Random)*. Malang : Jurusan Teknik Mesin, ITN Malang.

LAMPIRAN PERHITUNGAN

Lampiran 1. Perhitungan Fraksi Volume

1. Sampel untuk uji densitas

Ukuran cetakan panjang (p) 12 cm, lebar (l) 1,5 cm dan tebal (t) 0,5 cm

Volume cetakan (V_{ctk}) :

$$\begin{aligned} V_{ctk} &= p \times l \times t \\ &= 12 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} \\ &= 9 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Fraksi volume serat 25 %

Volume serat (V_f)

$$\begin{aligned} V_f &= 25 \% \times V_{ctk} \\ &= 25 \% \times 9 \text{ cm}^3 \\ &= 2,25 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Massa serat (m_f)

$$\begin{aligned} m_f &= \rho_f \times V_f \\ &= 0,95 \text{ gram/cm}^3 \times 2,25 \text{ cm}^3 \\ &= 2,14 \text{ gram} \end{aligned}$$

Volume resin (V_m)

$$\begin{aligned} V_m &= 75 \% \times V_{ctk} \\ &= 75 \% \times 9 \text{ cm}^3 \\ &= 6,75 \text{ cm}^3 \\ &= 6,75 \text{ ml} \end{aligned}$$

2. Sampel untuk uji tarik

Volume cetakan (V_{ctk}) :

$$V_{ctk} = 62,74 \text{ cm}^3$$

Fraksi volume serat 25 %

Volume serat (V_f)

$$V_f = 25 \% \times V_{ctk}$$

$$= 25 \% \times 62,74 \text{ cm}^3$$

$$= 15,68 \text{ cm}^3$$

Massa serat (m_f)

$$m_f = \rho_f \times V_f$$

$$= 0,95 \text{ gram/cm}^3 \times 15,68 \text{ cm}^3$$

$$= 14,90 \text{ gram}$$

Volume resin (V_m)

$$V_m = 75 \% \times V_{ctk}$$

$$= 75 \% \times 62,74 \text{ cm}^3$$

$$= 47,06 \text{ cm}^3$$

$$= 47,06 \text{ ml}$$

3. Sampel untuk uji tekan

Ukuran cetakan panjang (p) 5 cm, lebar (l) 5 cm dan tebal (t) 5 cm

Volume cetakan (V_{ctk}) :

$$\begin{aligned}V_{ctk} &= p \times l \times t \\&= 5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \\&= 125 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Fraksi volume serat 25 %

Volume serat (V_f)

$$\begin{aligned}V_f &= 25 \% \times V_{ctk} \\&= 25 \% \times 125 \text{ cm}^3 \\&= 31,25 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Massa serat (m_f)

$$\begin{aligned}m_f &= \rho_f \times V_f \\&= 0,95 \text{ gram/cm}^3 \times 31,25 \text{ cm}^3 \\&= 29,69 \text{ gram}\end{aligned}$$

Volume resin (V_m)

$$\begin{aligned}V_m &= 75 \% \times V_{ctk} \\&= 75 \% \times 125 \text{ cm}^3 \\&= 93,75 \text{ cm}^3 \\&= 93,75 \text{ ml}\end{aligned}$$

Perhitungan fraksi volume serat menggunakan rumus

$$V_f = \frac{m_f / \rho_f}{m_f / \rho_f + m_m / \rho_m}$$

Keterangan :

m_f = massa serat

m_m = massa matrik

ρ_f = densitas serat

V_f = fraksi volume serat

v_f = volume serat

v_m = volume matriks

Pada sampel uji tarik

Fraksi volume serat 25%

$$\begin{aligned} V_f &= \frac{m_f / \rho_f}{m_f / \rho_f + m_m / \rho_m} \\ &= \frac{15,093 / 0,951}{15,093 / 0,951 + 57,693 / 1,215} \\ &= \frac{15,871}{15,871 + 47,484} \\ &= 25,05\% \end{aligned}$$

Ketidakpastian

$$\Delta V_f = \frac{\frac{\partial m_f}{\partial \rho_f}}{\frac{\partial m_f}{\partial \rho_f} + \frac{\partial m_m}{\partial \rho_m}} |\Delta m_f| + \frac{\frac{\partial m_f}{\partial \rho_f}}{\frac{\partial m_f}{\partial \rho_f} + \frac{\partial m_m}{\partial \rho_m}} |\Delta m_m|$$

$$\Delta V_f = \left| \frac{m_m / \rho_f \rho_m}{\left(m_f / \rho_f + m_m / \rho_m \right)^2} \right| |\Delta m_f| + \left| \frac{m_f / \rho_f \rho_m}{\left(m_f / \rho_f + m_m / \rho_m \right)^2} \right| |\Delta m_m|$$

$$\Delta V_f = \left| \frac{57,693 / (0,951)(1,215)}{\left(15,093 / 0,951 + 57,693 / 1,215 \right)^2} \right| |0,00005|$$

$$+ \left| \frac{15,093 / (0,951)(1,215)}{\left(15,093 / 0,951 + 57,693 / 1,215 \right)^2} \right| |0,00005|$$

$$\Delta V_f = \left| \frac{49,931}{4013,807} \right| |0,00005| + \left| \frac{13,763}{4013,807} \right| |0,00005|$$

$$\Delta V_f = 2,3 \times 10^{-6} \%$$

Dengan cara yang sama didapatkan fraksi volume serat real untuk uji densitas dan uji tekan.

Lampiran 2. Perhitungan densitas serat daun lontar

Perhitungan densitas serat daun lontar pada konsentrasi 2% KMnO_4 :

Sampel 1

$$\rho = \frac{m}{p \times l \times t} = \frac{0,0538}{2,025 \times 0,236 \times 0,171} = 0,658 \text{ gr/cm}^3$$

$$\Delta\rho = \left| \frac{\partial\rho}{\partial m} \right| \left| \Delta m \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial p} \right| \left| \Delta p \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial l} \right| \left| \Delta l \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial t} \right| \left| \Delta t \right|$$

$$\Delta\rho = \left| \frac{1}{p \times l \times t} \right| \left| \Delta m \right| + \left| -\frac{m}{p^2 \times l \times t} \right| \left| \Delta p \right| + \left| -\frac{m}{p \times l^2 \times t} \right| \left| \Delta l \right| + \left| -\frac{m}{p \times l \times t^2} \right| \left| \Delta t \right|$$

$$\begin{aligned} \Delta\rho = & \left| \frac{1}{2,025 \times 0,236 \times 0,171} \right| \left| 0,00005 \right| + \\ & \left| -\frac{0,0538}{2,025^2 \times 0,236 \times 0,171} \right| \left| 0,005 \right| + \\ & \left| -\frac{0,0538}{2,025 \times 0,236^2 \times 0,171} \right| \left| 0,005 \right| + \\ & \left| -\frac{0,0538}{2,025 \times 0,236 \times 0,171^2} \right| \left| 0,005 \right| \end{aligned}$$

$$\Delta\rho = (0,0006 + 0,0016 + 0,0139 + 0,0193) \text{ gr/cm}^3$$

$$\Delta\rho = 0,0354 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho = (\rho \pm \Delta\rho) \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho = (0,658 \pm 0,0354) \text{ gr/cm}^3$$

Sampel 2

$$\rho = \frac{m}{p \times l \times t} = \frac{0,0510}{2,005 \times 0,231 \times 0,114} = 0,966 \text{ gr/cm}^3$$

$$\Delta\rho = \left| \frac{\partial\rho}{\partial m} \right| \left| \Delta m \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial p} \right| \left| \Delta p \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial l} \right| \left| \Delta l \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial t} \right| \left| \Delta t \right|$$

$$\Delta\rho = \left| \frac{1}{p \times l \times t} \right| \left| \Delta m \right| + \left| -\frac{m}{p^2 \times l \times t} \right| \left| \Delta p \right| + \left| -\frac{m}{p \times l^2 \times t} \right| \left| \Delta l \right| + \left| -\frac{m}{p \times l \times t^2} \right| \left| \Delta t \right|$$

$$\begin{aligned} \Delta\rho = & \left| \frac{1}{2,005 \times 0,231 \times 0,114} \right| \left| 0,00005 \right| + \\ & \left| -\frac{0,0510}{2,005^2 \times 0,231 \times 0,114} \right| \left| 0,005 \right| + \\ & \left| -\frac{0,0510}{2,005 \times 0,231^2 \times 0,114} \right| \left| 0,005 \right| + \\ & \left| -\frac{0,0510}{2,005 \times 0,231 \times 0,114^2} \right| \left| 0,005 \right| \end{aligned}$$

$$\Delta\rho = (0,0009 + 0,0024 + 0,0209 + 0,0424) \text{ gr/cm}^3$$

$$\Delta\rho = 0,0666 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho = (\rho \pm \Delta\rho) \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho = (0,966 \pm 0,0666) \text{ gr/cm}^3$$

Sampel 3

$$\rho = \frac{m}{p \times l \times t} = \frac{0,0465}{2,025 \times 0,207 \times 0,145} = 0,765 \text{ gr/cm}^3$$

$$\Delta\rho = \left| \frac{\partial\rho}{\partial m} \right| \left| \Delta m \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial p} \right| \left| \Delta p \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial l} \right| \left| \Delta l \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial t} \right| \left| \Delta t \right|$$

$$\Delta\rho = \left| \frac{1}{p \times l \times t} \right| \left| \Delta m \right| + \left| -\frac{m}{p^2 \times l \times t} \right| \left| \Delta p \right| + \left| -\frac{m}{p \times l^2 \times t} \right| \left| \Delta l \right| + \left| -\frac{m}{p \times l \times t^2} \right| \left| \Delta t \right|$$

$$\begin{aligned} \Delta\rho = & \left| \frac{1}{2,025 \times 0,207 \times 0,145} \right| \left| 0,00005 \right| + \\ & \left| -\frac{0,0465}{2,025^2 \times 0,207 \times 0,145} \right| \left| 0,005 \right| + \\ & \left| -\frac{0,0465}{2,025 \times 0,207^2 \times 0,145} \right| \left| 0,005 \right| + \\ & \left| -\frac{0,0465}{2,025 \times 0,207 \times 0,145^2} \right| \left| 0,005 \right| \end{aligned}$$

$$\Delta\rho = (0,0008 + 0,0019 + 0,0185 + 0,0264) \text{ gr/cm}^3$$

$$\Delta\rho = 0,0476 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho = (\rho \pm \Delta\rho) \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho = (0,765 \pm 0,0476) \text{ gr/cm}^3$$

Sampel 4

$$\rho = \frac{m}{p \times l \times t} = \frac{0,0536}{2,035 \times 0,214 \times 0,176} = 0,699 \text{ gr/cm}^3$$

$$\Delta\rho = \left| \frac{\partial\rho}{\partial m} \right| \left| \Delta m \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial p} \right| \left| \Delta p \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial l} \right| \left| \Delta l \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial t} \right| \left| \Delta t \right|$$

$$\Delta\rho = \left| \frac{1}{p \times l \times t} \right| \left| \Delta m \right| + \left| -\frac{m}{p^2 \times l \times t} \right| \left| \Delta p \right| + \left| -\frac{m}{p \times l^2 \times t} \right| \left| \Delta l \right| + \left| -\frac{m}{p \times l \times t^2} \right| \left| \Delta t \right|$$

$$\begin{aligned} \Delta\rho = & \left| \frac{1}{2,035 \times 0,214 \times 0,176} \right| \left| 0,00005 \right| + \\ & \left| -\frac{0,0536}{2,035^2 \times 0,214 \times 0,176} \right| \left| 0,005 \right| + \\ & \left| -\frac{0,0536}{2,035 \times 0,214^2 \times 0,176} \right| \left| 0,005 \right| + \\ & \left| -\frac{0,0536}{2,035 \times 0,214 \times 0,176^2} \right| \left| 0,005 \right| \end{aligned}$$

$$\Delta\rho = (0,0007 + 0,0017 + 0,0163 + 0,0199) \text{ gr/cm}^3$$

$$\Delta\rho = 0,0386 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho = (\rho \pm \Delta\rho) \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho = (0,699 \pm 0,0386) \text{ gr/cm}^3$$

Sampel 5

$$\rho = \frac{m}{p \times l \times t} = \frac{0,0519}{2,015 \times 0,227 \times 0,165} = 0,688 \text{ gr/cm}^3$$

$$\Delta\rho = \left| \frac{\partial\rho}{\partial m} \right| \left| \Delta m \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial p} \right| \left| \Delta p \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial l} \right| \left| \Delta l \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial t} \right| \left| \Delta t \right|$$

$$\Delta\rho = \left| \frac{1}{p \times l \times t} \right| \left| \Delta m \right| + \left| -\frac{m}{p^2 \times l \times t} \right| \left| \Delta p \right| + \left| -\frac{m}{p \times l^2 \times t} \right| \left| \Delta l \right| + \left| -\frac{m}{p \times l \times t^2} \right| \left| \Delta t \right|$$

$$\begin{aligned} \Delta\rho = & \left| \frac{1}{2,015 \times 0,227 \times 0,165} \right| \left| 0,00005 \right| + \\ & \left| -\frac{0,0519}{2,015^2 \times 0,227 \times 0,165} \right| \left| 0,005 \right| + \\ & \left| -\frac{0,0519}{2,015 \times 0,227^2 \times 0,165} \right| \left| 0,005 \right| + \\ & \left| -\frac{0,0519}{2,015 \times 0,227 \times 0,165^2} \right| \left| 0,005 \right| \end{aligned}$$

$$\Delta\rho = (0,0007 + 0,0017 + 0,0151 + 0,0208) \text{ gr/cm}^3$$

$$\Delta\rho = 0,0383 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho = (\rho \pm \Delta\rho) \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho = (0,688 \pm 0,0383) \text{ gr/cm}^3$$

Densitas rata – rata serat dihitung dengan rumus:

$$\rho_{rata-rata} = \frac{sampel_1 + sampel_2 + sampel_3 + sampel_4 + sampel_5}{5}$$

$$\rho_{rata-rata} = \frac{(0,658 + 0,966 + 0,765 + 0,699 + 0,688) \text{ g/cm}^3}{5}$$

$$\rho_{rata-rata} = 0,754 \text{ g/cm}^3$$

Ketidakpastian densitas serat pada konsentrasi 2% KMnO₄

| i | $\rho_i \text{ (g/cm}^3\text{)}$ | $\rho_i^2 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ |
|-------|----------------------------------|------------------------------------|
| 1 | 0,658 | 0,432964 |
| 2 | 0,966 | 0,933156 |
| 3 | 0,765 | 0,585225 |
| 4 | 0,699 | 0,488601 |
| 5 | 0,688 | 0,473344 |
| n = 5 | $\sum x_i = 3,776$ | $\sum x_i^2 = 2,91329$ |

$$\bar{\rho} = \frac{\sum x}{n} = \frac{3,776}{5} = 0,754$$

$$\Delta\rho = \sqrt{\frac{\sum x^2 - n\bar{x}^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta\rho = \sqrt{\frac{2,91329 - 5(0,754)^2}{5(5-1)}}$$

$$\Delta\rho = \sqrt{\frac{2,91329 - 2,8516352}{20}}$$

$$\Delta\rho = \sqrt{0,00308274}$$

$$\Delta\rho = 0,0555 \text{ g/cm}^3$$

Pada perhitungan diatas akan disajikan dalam tabel berikut :

Data Hasil Pengukuran Volume Serat Daun Lontar yang Direndam Larutan
KMnO₄

| Variasi konsentrasi KMnO ₄ | Sampel | Panjang (cm) | Lebar(cm) | Tinggi (cm) | Volume (cm ³) |
|---------------------------------------|--------|--------------|-----------|-------------|---------------------------|
| 0% | 1 | 2,005 | 0,238 | 0,119 | 0,056 |
| | 2 | 2,005 | 0,106 | 0,101 | 0,021 |
| | 3 | 2,039 | 0,125 | 0,111 | 0,028 |
| | 4 | 2,047 | 0,202 | 0,103 | 0,042 |
| | 5 | 2,047 | 0,125 | 0,113 | 0,028 |
| 2% | 1 | 2,025 | 0,236 | 0,171 | 0,082 |
| | 2 | 2,005 | 0,231 | 0,114 | 0,053 |
| | 3 | 2,025 | 0,207 | 0,145 | 0,061 |
| | 4 | 2,035 | 0,214 | 0,176 | 0,077 |
| | 5 | 2,015 | 0,227 | 0,165 | 0,075 |
| 4% | 1 | 2,02 | 0,235 | 0,117 | 0,117 |
| | 2 | 2,035 | 0,206 | 0,139 | 0,139 |
| | 3 | 2,01 | 0,207 | 0,139 | 0,139 |
| | 4 | 2,005 | 0,243 | 0,156 | 0,156 |
| | 5 | 2,015 | 0,207 | 0,157 | 0,157 |
| 6% | 1 | 2,02 | 0,207 | 0,142 | 0,059 |
| | 2 | 2,015 | 0,206 | 0,145 | 0,060 |
| | 3 | 2,01 | 0,225 | 0,165 | 0,075 |
| | 4 | 2,035 | 0,226 | 0,147 | 0,068 |
| | 5 | 2,005 | 0,25 | 0,165 | 0,083 |
| 8% | 1 | 2,045 | 0,25 | 0,19 | 0,097 |
| | 2 | 2,045 | 0,235 | 0,188 | 0,090 |
| | 3 | 2,015 | 0,248 | 0,179 | 0,089 |
| | 4 | 2,005 | 0,221 | 0,182 | 0,081 |
| | 5 | 2,005 | 0,246 | 0,178 | 0,087 |
| 10% | 1 | 2,015 | 0,23 | 0,154 | 0,097 |
| | 2 | 2,02 | 0,24 | 0,155 | 0,090 |
| | 3 | 2,02 | 0,255 | 0,162 | 0,089 |
| | 4 | 2,025 | 0,246 | 0,154 | 0,081 |
| | 5 | 2,02 | 0,223 | 0,178 | 0,088 |

Data Hasil Pengukuran Densitas Serat Daun Lontar yang Direndam Larutan KMnO_4

| Variasi konsentrasi KMnO_4 | Sampel | Massa (g) | Volume (cm^3) | Densitas (g/cm^3) | Rata-rata Densitas (g/cm^3) |
|-------------------------------------|--------|-----------|--------------------------|-------------------------------------|---|
| 0% | 1 | 0,0372 | 0,056 | 0,655 | 0,918 |
| | 2 | 0,0243 | 0,021 | 1,132 | |
| | 3 | 0,0289 | 0,028 | 1,021 | |
| | 4 | 0,0312 | 0,042 | 0,732 | |
| | 5 | 0,0306 | 0,028 | 1,058 | |
| 2% | 1 | 0,0538 | 0,082 | 0,658 | 0,754 |
| | 2 | 0,0510 | 0,053 | 0,966 | |
| | 3 | 0,0465 | 0,061 | 0,765 | |
| | 4 | 0,0536 | 0,077 | 0,699 | |
| | 5 | 0,0519 | 0,075 | 0,688 | |
| 4% | 1 | 0,0410 | 0,117 | 0,738 | 0,767 |
| | 2 | 0,0449 | 0,139 | 0,771 | |
| | 3 | 0,0430 | 0,139 | 0,743 | |
| | 4 | 0,0544 | 0,156 | 0,716 | |
| | 5 | 0,0567 | 0,157 | 0,866 | |
| 6% | 1 | 0,0482 | 0,059 | 0,812 | 0,717 |
| | 2 | 0,0436 | 0,060 | 0,724 | |
| | 3 | 0,0511 | 0,075 | 0,685 | |
| | 4 | 0,0506 | 0,068 | 0,748 | |
| | 5 | 0,0510 | 0,083 | 0,617 | |
| 8% | 1 | 0,0647 | 0,097 | 0,666 | 0,698 |
| | 2 | 0,0642 | 0,090 | 0,711 | |
| | 3 | 0,0622 | 0,089 | 0,695 | |
| | 4 | 0,0594 | 0,081 | 0,737 | |
| | 5 | 0,0599 | 0,087 | 0,682 | |
| 10% | 1 | 0,0647 | 0,097 | 0,666 | 0,698 |
| | 2 | 0,0642 | 0,090 | 0,711 | |
| | 3 | 0,0622 | 0,089 | 0,695 | |
| | 4 | 0,0594 | 0,081 | 0,737 | |
| | 5 | 0,0599 | 0,088 | 0,682 | |

Lampiran 3. Perhitungan densitas komposit *polyester* serat daun lontar

Densitas komposit *polyester* serat daun lontar pada konsentrasi 2% KMnO_4 :

Sampel 1

$$\rho = \frac{m}{p \times l \times t} = \frac{10,7989}{11,940 \times 1,640 \times 0,530} = 1,040 \text{ gr/cm}^3$$

$$\Delta\rho = \left| \frac{\partial\rho}{\partial m} \right| \left| \Delta m \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial p} \right| \left| \Delta p \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial l} \right| \left| \Delta l \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial t} \right| \left| \Delta t \right|$$

$$\Delta\rho = \left| \frac{1}{p \times l \times t} \right| \left| \Delta m \right| + \left| -\frac{m}{p^2 \times l \times t} \right| \left| \Delta p \right| + \left| -\frac{m}{p \times l^2 \times t} \right| \left| \Delta l \right| + \left| -\frac{m}{p \times l \times t^2} \right| \left| \Delta t \right|$$

$$\begin{aligned} \Delta\rho = & \left| \frac{1}{11,940 \times 1,640 \times 0,530} \right| \left| 0,00005 \right| + \\ & \left| -\frac{10,7989}{11,940^2 \times 1,640 \times 0,530} \right| \left| 0,005 \right| + \\ & \left| -\frac{10,7989}{11,940 \times 1,640^2 \times 0,530} \right| \left| 0,005 \right| + \\ & \left| -\frac{10,7989}{11,940 \times 1,640 \times 0,530^2} \right| \left| 0,005 \right| \end{aligned}$$

$$\Delta\rho = (0,000005 + 0,000436 + 0,003172 + 0,009816) \text{ gr/cm}^3$$

$$\Delta\rho = 0,013429 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho = (\rho \pm \Delta\rho) \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho = (1,040 \pm 0,013429) \text{ gr/cm}^3$$

Sampel 2

$$\rho = \frac{m}{p \times l \times t} = \frac{10,5849}{11,930 \times 1,630 \times 0,530} = 1,057 \text{ gr/cm}^3$$

$$\Delta\rho = \left| \frac{\partial\rho}{\partial m} \right| \left| \Delta m \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial p} \right| \left| \Delta p \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial l} \right| \left| \Delta l \right| + \left| \frac{\partial\rho}{\partial t} \right| \left| \Delta t \right|$$

$$\Delta\rho = \left| \frac{1}{p \times l \times t} \right| \left| \Delta m \right| + \left| -\frac{m}{p^2 \times l \times t} \right| \left| \Delta p \right| + \left| -\frac{m}{p \times l^2 \times t} \right| \left| \Delta l \right| + \left| -\frac{m}{p \times l \times t^2} \right| \left| \Delta t \right|$$

$$\begin{aligned} \Delta\rho = & \left| \frac{1}{11,930 \times 1,630 \times 0,530} \right| \left| 0,00005 \right| + \\ & \left| -\frac{10,5849}{11,930^2 \times 1,630 \times 0,530} \right| \left| 0,005 \right| + \\ & \left| -\frac{10,5849}{11,930 \times 1,630^2 \times 0,530} \right| \left| 0,005 \right| + \\ & \left| -\frac{10,5849}{11,930 \times 1,630 \times 0,530^2} \right| \left| 0,005 \right| \end{aligned}$$

$$\Delta\rho = (0,000005 + 0,000430 + 0,003150 + 0,009689) \text{ gr/cm}^3$$

$$\Delta\rho = 0,023274 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho = (\rho \pm \Delta\rho) \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho = (1,057 \pm 0,023274) \text{ gr/cm}^3$$

Densitas rata – rata komposit *polyester* dihitung dengan rumus:

$$\rho_{rata-rata} = \frac{sampel_1 + sampel_2}{2}$$

$$\rho_{rata-rata} = \frac{(1,040 + 1,057) \text{ g/cm}^3}{2}$$

$$\rho_{rata-rata} = 1,048 \text{ g/cm}^3$$

Ketidakpastian densitas komposit *polyester* pada konsentrasi 2% KMnO₄

| i | ρ_i (g/cm ³) | ρ_i^2 (g/cm ³) |
|-------|-------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 1,040 | 1,0816 |
| 2 | 1,057 | 1,117249 |
| n = 2 | $\sum \rho_i = 2,097$ | $\sum \rho_i^2 = 2,198849$ |

$$\bar{\rho} = \frac{\sum \rho}{n} = \frac{2,097}{2} = 1,048$$

$$\Delta \rho = \sqrt{\frac{\sum \rho^2 - n\bar{\rho}^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta \rho = \sqrt{\frac{2,198849 - 2(1,048)^2}{2(2-1)}}$$

$$\Delta \rho = \sqrt{\frac{2,198849 - 2,1987045}{2}}$$

$$\Delta \rho = \sqrt{0,00037225}$$

$$\Delta \rho = 0,0193 \text{ g/cm}^3$$

Pada perhitungan diatas akan disajikan dalam tabel berikut :

Data Hasil Pengukuran Volume Sampel Komposit *Polyester* serat daun lontar dengan Variasi penambahan Konsentrasi KMnO_4

| Variasi konsentrasi KMnO_4 | Sampel | Panjang (cm) | Lebar(cm) | Tinggi (cm) | Volume (cm^3) |
|-------------------------------------|--------|--------------|-----------|-------------|--------------------------|
| 2% | 1 | 11,940 | 1,640 | 0,530 | 10,378 |
| | 2 | 11,930 | 1,630 | 0,515 | 10,015 |
| 4% | 1 | 11,940 | 1,715 | 0,615 | 12,593 |
| | 2 | 11,945 | 1,620 | 0,510 | 9,869 |
| 6% | 1 | 11,945 | 1,625 | 0,530 | 10,288 |
| | 2 | 11,940 | 1,625 | 0,520 | 10,089 |
| 8% | 1 | 11,920 | 1,620 | 0,530 | 10,235 |
| | 2 | 12,005 | 1,640 | 0,510 | 10,041 |
| 10% | 1 | 11,940 | 1,625 | 0,545 | 10,574 |
| | 2 | 12,050 | 1,630 | 0,515 | 10,115 |

Data Hasil Uji Densitas Sampel Komposit *Polyester* serat daun lontar dengan Variasi penambahan Konsentrasi KMnO_4

| Variasi konsentrasi KMnO_4 | Sampel | Massa (g) | Volume (cm^3) | Densitas (g/cm^3) | Rata-rata Densitas (g/cm^3) |
|-------------------------------------|--------|-----------|--------------------------|-------------------------------------|---|
| 2% | 1 | 10,7939 | 10,378 | 1,040 | 1,048 |
| | 2 | 10,5849 | 10,015 | 1,057 | |
| 4% | 1 | 12,5046 | 12,593 | 0,993 | 1,034 |
| | 2 | 10,6169 | 9,869 | 1,076 | |
| 6% | 1 | 10,8097 | 10,288 | 1,051 | 1,065 |
| | 2 | 10,8926 | 10,089 | 1,080 | |
| 8% | 1 | 10,9808 | 10,235 | 1,073 | 1,081 |
| | 2 | 10,9354 | 10,041 | 1,089 | |
| 10% | 1 | 10,7274 | 10,574 | 1,014 | 1,050 |
| | 2 | 10,9788 | 10,115 | 1,085 | |

Lampiran 4. Hasil uji kuat tekan komposit *polyester* serat daun lontar

Hasil uji kuat tekan komposit *polyester* serat daun lontar pada konsentrasi 2% KMnO₄:

Perhitungan Kuat Tekan menggunakan rumus:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Sampel tekan komposit *polyester* serat daun lontar pada konsentrasi 2% KMnO₄

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{155428 \text{ N}}{0,00256 \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 60,706 \text{ Mpa}$$

Sebelum menentukan angka ketidakpastian kuat tekan ($\Delta\sigma$), terlebih dahulu mencari angka ketidakpastian pada luas (ΔA).

Ketidakpastian (ΔA)

$$A = p \times l$$

$$A = 0,0508 \text{ m} \times 0,0504 \text{ m}$$

$$A = 0,00256 \text{ m}^2$$

$$\Delta A = \left| \frac{\partial A}{\partial p} \right| |\Delta p| + \left| \frac{\partial A}{\partial l} \right| |\Delta l|$$

$$\Delta A = |l| |\Delta p| + |p| |\Delta l|$$

$$\Delta A = |0,0504| |0,00005| + |0,0508| |0,00005|$$

$$\Delta A = 2,52 \times 10^{-6} + 2,54 \times 10^{-6}$$

$$\Delta A = 5,06 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Ketidakpastian kuat tekan ($\Delta\sigma$)

$$\begin{aligned}
 \Delta\sigma &= \left| \frac{\partial F}{\partial A} \right| |\Delta F| + \left| \frac{\partial F}{\partial A} \right| |\Delta A| \\
 &= \left| \frac{1}{A} \right| |\Delta F| + \left| -\frac{F}{A^2} \right| |\Delta A| \\
 &= \left| \frac{1}{0,00256} \right| |9,8| + \left| -\frac{155428}{(0,00256)^2} \right| |5,06 \times 10^{-6}| \\
 &= 3888,89 + 120000 \\
 &= 123888,89 \text{ N/m}^2 \\
 &= 0,124 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\sigma = (\sigma \pm \Delta\sigma) \text{ MPa}$$

$$\sigma = (60,706 \pm 0,124) \text{ MPa}$$

Pada perhitungan diatas akan disajikan dalam tabel berikut :

Data luas untuk uji tekan Sampel Komposit *Polyester* serat daun lontar dengan Variasi penambahan Konsentrasi KMnO_4

| Variasi konsentrasi KMnO_4 | Sampel | Panjang (m) | Lebar (m) | $A(\text{m}^2)$ |
|-------------------------------------|--------|-------------|-----------|-----------------|
| 0% | 1 | 0,0453 | 0,0493 | 0,002233 |
| | 2 | 0,0467 | 0,049 | 0,002288 |
| 2% | 1 | 0,0508 | 0,0504 | 0,00256 |
| 4% | 1 | 0,0507 | 0,0501 | 0,00254 |
| 6% | 1 | 0,0515 | 0,0494 | 0,002544 |
| 8% | 1 | 0,051 | 0,0498 | 0,00254 |
| 10% | 1 | 0,0516 | 0,0501 | 0,002585 |

Data Hasil Uji Kuat Tekan Sampel Komposit *Polyester* serat daun lontar dengan Variasi penambahan Konsentrasi KMnO_4

| Variasi konsentrasi KMnO_4 | Sampel | F(N) | $A(\text{m}^2)$ | $\sigma = F/A$ (MPa) |
|-------------------------------------|--------|--------|-----------------|----------------------|
| 0% | 1 | 86240 | 0,00229 | 53,949 |
| | 2 | 156800 | 0,00223 | |
| 2% | 1 | 155428 | 0,00256 | 60,706 |
| 4% | 1 | 159152 | 0,00254 | 62,657 |
| 6% | 1 | 168364 | 0,00254 | 66,178 |
| 8% | 1 | 160328 | 0,00254 | 63,126 |
| 10% | 1 | 157780 | 0,00258 | 61,033 |

Lampiran 5. Hasil uji kuat tarik komposit *polyester* serat daun lontar

Hasil uji kuat tarik komposit *polyester* serat daun lontar pada konsentrasi 2% KMnO₄:

Perhitungan Tegangan tarik menggunakan rumus:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Sampel 1

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{12740 \text{ N}}{0,0002222 \text{ m}^2} \\ &= 57,344 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Sebelum menentukan angka ketidakpastian kuat tarik ($\Delta\sigma$), terlebih dahulu mencari angka ketidakpastian pada luas (ΔA).

Ketidakpastian (ΔA)

$$A = p \times l$$

$$A = 0,1014 \text{ m} \times 0,2191 \text{ m}$$

$$A = 0,00022 \text{ m}^2$$

$$\Delta A = \left| \frac{\partial A}{\partial p} \right| |\Delta p| + \left| \frac{\partial A}{\partial l} \right| |\Delta l|$$

$$\Delta A = |l| |\Delta p| + |p| |\Delta l|$$

$$\Delta A = |0,2191| |0,00005| + |0,1014| |0,00005|$$

$$\Delta A = 10,96 \times 10^{-6} + 5,070 \times 10^{-6}$$

$$\Delta A = 16,03 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Ketidakpastian kuat tarik ($\Delta\sigma$)

$$\begin{aligned}
 \Delta\sigma &= \left| \frac{\partial F}{\partial A} \right| |\Delta F| + \left| \frac{\partial F}{\partial A} \right| |\Delta A| \\
 &= \left| \frac{1}{A} \right| |\Delta F| + \left| -\frac{F}{A^2} \right| |\Delta A| \\
 &= \left| \frac{1}{0,00022} \right| |9,8| + \left| -\frac{12740}{(0,00022)^2} \right| |16,03 \times 10^{-6}| \\
 &= 44545,45 + 4200000 \\
 &= 4244545,45 \text{ N/m}^2 \\
 &= 4,244 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\sigma = (\sigma \pm \Delta\sigma) \text{ MPa}$$

$$\sigma = (57,344 \pm 4,244) \text{ MPa}$$

Sampel 2

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{F}{A} \\
 &= \frac{11270 \text{ N}}{0,0002156 \text{ m}^2} \\
 &= 52,264 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Sebelum menentukan angka ketidakpastian kuat tarik ($\Delta\sigma$), terlebih dahulu mencari angka ketidakpastian pada luas (ΔA).

Ketidakpastian (ΔA)

$$A = p \times l$$

$$A = 0,0996 \text{ m} \times 0,2165 \text{ m}$$

$$A = 0,0002156 \text{ m}^2$$

$$\Delta A = \left| \frac{\partial A}{\partial p} \right| |\Delta p| + \left| \frac{\partial A}{\partial l} \right| |\Delta l|$$

$$\Delta A = |l| |\Delta p| + |p| |\Delta l|$$

$$\Delta A = |0,2165| |0,00005| + |0,0996| |0,00005|$$

$$\Delta A = 10,83 \times 10^{-6} + 4,98 \times 10^{-6}$$

$$\Delta A = 15,81 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Ketidakpastian kuat tarik ($\Delta\sigma$)

$$\begin{aligned}
 \Delta\sigma &= \left| \frac{\partial F}{\partial A} \right| |\Delta F| + \left| \frac{\partial F}{\partial A} \right| |\Delta A| \\
 &= \left| \frac{1}{A} \right| |\Delta F| + \left| -\frac{F}{A^2} \right| |\Delta A| \\
 &= \left| \frac{1}{0,0002156} \right| |9,8| + \left| -\frac{11270}{(0,0002156)^2} \right| |15,81 \times 10^{-6}| \\
 &= 45454,55 + 3800000 \\
 &= 3845454,55 \text{ N/m}^2 \\
 &= 3,845 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\sigma = (\sigma \pm \Delta\sigma) \text{ MPa}$$

$$\sigma = (52,264 \pm 3,845) \text{ MPa}$$

Kuat tarik rata – rata dihitung dengan rumus:

$$\sigma_{rata-rata} = \frac{sampel_1 + sampel_2}{2}$$

$$\sigma_{rata-rata} = \frac{57,344 \text{ MPa} + 52,264 \text{ MPa}}{2}$$

$$\sigma_{rata-rata} = 54,804 \text{ MPa}$$

Ketidakpastian kuat tarik komposit *polyester* pada konsentrasi 2% KMnO₄

| i | σ_i (MPa) | σ_i^2 (MPa) |
|-------|---------------------------|-----------------------------|
| 1 | 57,344 | 3288,334 |
| 2 | 52,264 | 2731,526 |
| n = 2 | $\sum \sigma_i = 109,608$ | $\sum \sigma_i^2 = 6019,86$ |

$$\bar{\sigma} = \frac{\sum \sigma}{n} = \frac{109,608}{2} = 54,804 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma = \sqrt{\frac{\sum \sigma^2 - n\bar{\sigma}^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta\sigma = \sqrt{\frac{6019,86 - 2(54,804)^2}{2(2-1)}}$$

$$\Delta\sigma = \sqrt{\frac{6019,86 - 6006,957}{2}}$$

$$\Delta\sigma = \sqrt{6,4515}$$

$$\Delta\sigma = 2,539 \text{ MPa}$$

Regangan tarik komposit *polyester* serat daun lontar pada konsentrasi 2% KMnO_4 :

Perhitungan regangan tarik (elongasi) menggunakan persamaan:

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$$

Sampel 1

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{l_1 - l_0}{l_0} \\ &= \frac{0,064 - 0,06}{0,06} \\ &= 0,0667 \times 100\% \\ &= 6,67 \%\end{aligned}$$

Ketidakpastian

$$\begin{aligned}\Delta\varepsilon &= \left| \frac{\partial\varepsilon}{\partial l_1} \right| |\Delta l_1| + \left| \frac{\partial\varepsilon}{\partial l_0} \right| |\Delta l_0| \\ &= \left| \frac{1}{l_0} \right| |\Delta l_1| + \left| \frac{1}{l_0^2} \right| |\Delta l_0| \\ &= \left| \frac{1}{0,06} \right| |0,00005| + \left| \frac{1}{(0,06)^2} \right| |0,00005| \\ &= 0,0017 \%\end{aligned}$$

Sampel 2

$$\begin{aligned}
 \varepsilon &= \frac{l_1 - l_0}{l_0} \\
 &= \frac{0,0686 - 0,06}{0,06} \\
 &= 0,1433 \times 100\% \\
 &= 14,33 \%
 \end{aligned}$$

Ketidakpastian

$$\begin{aligned}
 \Delta\varepsilon &= \left| \frac{\partial\varepsilon}{\partial l_1} \right| |\Delta l_1| + \left| \frac{\partial\varepsilon}{\partial l_0} \right| |\Delta l_0| \\
 &= \left| \frac{1}{l_0} \right| |\Delta l_1| + \left| \frac{1}{l_0^2} \right| |\Delta l_0| \\
 &= \left| \frac{1}{0,06} \right| |0,00005| + \left| \frac{1}{(0,06)^2} \right| |0,00005| \\
 &= 0,0017 \%
 \end{aligned}$$

Regangan rata – rata dihitung dengan rumus:

$$\varepsilon_{rata-rata} = \frac{sampel_1 + sampel_2}{2}$$

$$\varepsilon_{rata-rata} = \frac{6,67 \% + 14,33 \%}{2}$$

$$\varepsilon_{rata-rata} = 10,50 \%$$

Ketidakpastian regangan tarik komposit *polyester* pada konsentrasi 2% KMnO₄

| i | ε_i (%) | ε_i^2 (%) |
|-------|---------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 6,67 | 44,4889 |
| 2 | 14,33 | 205,3489 |
| n = 2 | $\sum \varepsilon_i = 21$ | $\sum \varepsilon_i^2 = 249,8372$ |

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\sum \varepsilon}{n} = \frac{21}{2} = 10,50 \%$$

$$\Delta \varepsilon = \sqrt{\frac{\sum \varepsilon^2 - n\bar{\varepsilon}^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta \varepsilon = \sqrt{\frac{249,8372 - 2(10,50)^2}{2(2-1)}}$$

$$\Delta \varepsilon = \sqrt{\frac{249,8372 - 220,5}{2}}$$

$$\Delta \varepsilon = \sqrt{14,6686}$$

$$\Delta \varepsilon = 3,83 \%$$

Modulus tarik komposit *polyester* serat daun lontar pada konsentrasi 2% KMnO₄:

Perhitungan modulus tarik menggunakan persamaan:

$$Y = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Sampel 1

$$\begin{aligned} Y &= \frac{\sigma}{\varepsilon} \\ &= \frac{57,344}{0,0667} \\ &= 860,16 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Ketidakpastian

$$\begin{aligned} \Delta Y &= \frac{\partial Y}{\partial \sigma} |\Delta \sigma| + \frac{\partial Y}{\partial \varepsilon} |\Delta \varepsilon| \\ &= \left| \frac{1}{\varepsilon} \right| |\Delta \sigma| + \left| \frac{\sigma}{\varepsilon^2} \right| |\Delta \varepsilon| \\ &= \left| \frac{1}{0,0667} \right| |4,244| + \left| \frac{57,344}{(0,0667)^2} \right| |0,0017| \\ &= (63,628 + 21,912) \text{ MPa} \\ &= 85,54 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Sampel 2

$$\begin{aligned}
 Y &= \frac{\sigma}{\varepsilon} \\
 &= \frac{52,264}{0,1433} \\
 &= 364,63 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Ketidakpastian

$$\begin{aligned}
 \Delta Y &= \frac{\partial Y}{\partial \sigma} |\Delta \sigma| + \frac{\partial Y}{\partial \varepsilon} |\Delta \varepsilon| \\
 &= \left| \frac{1}{\varepsilon} \right| |\Delta \sigma| + \left| \frac{\sigma}{\varepsilon^2} \right| |\Delta \varepsilon| \\
 &= \left| \frac{1}{0,1433} \right| |3,845| + \left| \frac{52,264}{(0,1433)^2} \right| |0,0017| \\
 &= (26,832 + 4,326) \text{ MPa} \\
 &= 31,158 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Modulus tarik rata – rata dihitung dengan rumus:

$$Y_{rata-rata} = \frac{sampel_1 + sampel_2}{2}$$

$$Y_{rata-rata} = \frac{860,1600 \text{ MPa} + 364,6326 \text{ MPa}}{2}$$

$$Y_{rata-rata} = 612,396 \text{ MPa}$$

Ketidakpastian regangan tarik komposit *polyester* pada konsentrasi 2% KMnO_4

| i | Y_i (MPa) | Y_i^2 (MPa) |
|-------|------------------------|----------------------------|
| 1 | 860,1600 | 739875,2256 |
| 2 | 364,6326 | 132956,9329 |
| n = 2 | $\sum Y_i = 1224,7926$ | $\sum Y_i^2 = 872832,1585$ |

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n} = \frac{1224,7926}{2} = 612,396 \text{ MPa}$$

$$\Delta Y = \sqrt{\frac{\sum Y^2 - n\bar{Y}^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta Y = \sqrt{\frac{872832,1585 - 2(612,396)^2}{2(2-1)}}$$

$$\Delta Y = \sqrt{\frac{872832,1585 - 750057,7216}{2}}$$

$$\Delta Y = \sqrt{61387,22}$$

$$\Delta Y = 247,76 \text{ MPa}$$

Pada perhitungan diatas akan disajikan dalam tabel berikut :

Data luas untuk uji tarik Sampel Komposit *Polyester* serat daun lontar dengan Variasi penambahan Konsentrasi KMnO_4

| Variasi konsentrasi KMnO_4 | Sampel | Panjang (m) | Lebar (m) | Luas (m^2) |
|-------------------------------------|--------|-------------|-----------|-----------------------|
| 0% | 1 | 0,0933 | 0,2135 | 0,0001992 |
| | 2 | 0,0993 | 0,2163 | 0,0002148 |
| 2% | 1 | 0,1014 | 0,2191 | 0,0002222 |
| | 2 | 0,0996 | 0,2165 | 0,0002156 |
| 4% | 1 | 0,1049 | 0,2183 | 0,0002290 |
| | 2 | 0,1044 | 0,216 | 0,0002255 |
| 6% | 1 | 0,1065 | 0,2184 | 0,0002326 |
| | 2 | 0,1038 | 0,2166 | 0,0002248 |
| 8% | 1 | 0,1031 | 0,2173 | 0,0002240 |
| | 2 | 0,1008 | 0,2229 | 0,0002247 |
| 10% | 1 | 0,1049 | 0,223 | 0,0002339 |
| | 2 | 0,1017 | 0,2185 | 0,0002222 |

Data Hasil Uji Kuat Tarik Sampel Komposit *Polyester* serat daun lontar dengan Variasi penambahan Konsentrasi KMnO_4

| Variasi konsentrasi KMnO_4 | Sampel | F(N) | A(m^2) | $\sigma = F/A$ (MPa) | Rata-rata Tegangan tarik (MPa) |
|-------------------------------------|--------|---------|-------------------|----------------------|--------------------------------|
| 0% | 1 | 1568 | 0,0001992 | 7,872 | 17,670 |
| | 2 | 5899,6 | 0,0002148 | 27,467 | |
| 2% | 1 | 12740 | 0,0002222 | 57,344 | 54,804 |
| | 2 | 11270 | 0,0002156 | 52,264 | |
| 4% | 1 | 13426 | 0,0002290 | 58,630 | 48,958 |
| | 2 | 8859,2 | 0,0002255 | 39,286 | |
| 6% | 1 | 9525,6 | 0,0002326 | 40,953 | 46,543 |
| | 2 | 11720,8 | 0,0002248 | 52,132 | |
| 8% | 1 | 12406,8 | 0,0002240 | 55,379 | 54,405 |
| | 2 | 12005 | 0,0002247 | 53,431 | |
| 10% | 1 | 12054 | 0,0002339 | 51,529 | 49,403 |
| | 2 | 10505,6 | 0,0002222 | 47,277 | |

Data Hasil Regangan Tarik Sampel Komposit *Polyester* serat daun lontar dengan Variasi penambahan Konsentrasi KMnO_4

| Variasi konsentrasi KMnO_4 | Sampel | l_0 | l | Δl | ε (%) | Rata-rata ε (%) |
|-------------------------------------|--------|-------|--------|------------|-------------------|-----------------------------|
| 0% | 1 | 0,06 | 0,064 | 0,004 | 6,666667 | 7,50 |
| | 2 | 0,06 | 0,065 | 0,005 | 8,333333 | |
| 2% | 1 | 0,06 | 0,064 | 0,004 | 6,666667 | 10,50 |
| | 2 | 0,06 | 0,0686 | 0,0086 | 14,333333 | |
| 4% | 1 | 0,06 | 0,0683 | 0,0083 | 13,833333 | 16,08 |
| | 2 | 0,06 | 0,071 | 0,011 | 18,333333 | |
| 6% | 1 | 0,06 | 0,0681 | 0,0081 | 13,5 | 18,42 |
| | 2 | 0,06 | 0,074 | 0,014 | 23,333333 | |
| 8% | 1 | 0,06 | 0,0712 | 0,0112 | 18,666667 | 16,58 |
| | 2 | 0,06 | 0,0687 | 0,0087 | 14,5 | |
| 10% | 1 | 0,06 | 0,0674 | 0,0074 | 12,333333 | 14,25 |
| | 2 | 0,06 | 0,0697 | 0,0097 | 16,166667 | |

Data Hasil Modulus Tarik Sampel Komposit *Polyester* serat daun lontar dengan Variasi penambahan Konsentrasi KMnO_4

| Variasi konsentrasi KMnO_4 | Sampel | $\sigma = F/A$ (MPa) | ε (%) | Modulus tarik (MPa) | Rata-rata Modulus tarik (MPa) |
|-------------------------------------|--------|----------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|
| 0% | 1 | 7,872 | 0,066667 | 118,08 | 223,842 |
| | 2 | 27,467 | 0,083333 | 329,604 | |
| 2% | 1 | 57,344 | 0,066667 | 860,16 | 612,3963 |
| | 2 | 52,264 | 0,143333 | 364,6326 | |
| 4% | 1 | 58,630 | 0,138333 | 423,8313 | 319,0593 |
| | 2 | 39,286 | 0,183333 | 214,2873 | |
| 6% | 1 | 40,953 | 0,135 | 303,3556 | 263,3892 |
| | 2 | 52,132 | 0,233333 | 223,4229 | |
| 8% | 1 | 55,379 | 0,186667 | 296,6732 | 332,5814 |
| | 2 | 53,431 | 0,145 | 368,4897 | |
| 10% | 1 | 51,529 | 0,123333 | 417,8027 | 355,1189 |
| | 2 | 47,277 | 0,161667 | 292,4351 | |

LAMPIRAN UJI STASTITIKA

ANALISIS DATA DENSITAS SERAT

Hasil Uji Statistika:

Menguji Densitas Serat

1. Uji Normalitas menggunakan Kolmogorov-Smirnov

Nilai signifikansi dari hasil uji normalitas untuk semua densitas adalah

>0.05 , maka nilai densitas terdistribusi normal

| One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test | | |
|------------------------------------|----------------|----------|
| | | densitas |
| N | | 25 |
| Normal Parameters ^{a,b} | Mean | ,72712 |
| | Std. Deviation | ,071640 |
| Most Extreme Differences | Absolute | ,185 |
| | Positive | ,185 |
| | Negative | -,127 |
| Kolmogorov-Smirnov Z | | ,927 |
| Asymp. Sig. (2-tailed) | | ,357 |
| a. Test distribution is Normal. | | |
| b. Calculated from data. | | |

2. Uji One Way Anova

Dimulai dengan uji descriptives untuk mengetahui nilai mean data dan standard deviasinya

| Descriptives | | | | | | | | |
|--------------|----|--------|----------------|------------|----------------------------------|-------------|---------|---------|
| densitas | | | | | | | | |
| | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean | | Minimum | Maximum |
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound | | |
| 1 | 5 | ,75520 | ,124152 | ,055522 | ,60105 | ,90935 | ,658 | ,966 |
| 2 | 5 | ,76680 | ,058811 | ,026301 | ,69378 | ,83982 | ,716 | ,866 |
| 3 | 5 | ,71720 | ,072558 | ,032449 | ,62711 | ,80729 | ,617 | ,812 |
| 4 | 5 | ,69820 | ,027289 | ,012204 | ,66432 | ,73208 | ,666 | ,737 |
| 5 | 5 | ,69820 | ,027289 | ,012204 | ,66432 | ,73208 | ,666 | ,737 |
| Total | 25 | ,72712 | ,071640 | ,014328 | ,69755 | ,75669 | ,617 | ,966 |

Rangkaian uji One way ANOVA selanjutnya adalah uji Homogenitas. Nilai signifikansi nilai densitas serat dari hasil uji homogenitas adalah >0.05 yang berarti homogen.

| Test of Homogeneity of Variances | | | |
|----------------------------------|-----|-----|------|
| densitas | | | |
| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
| 2,132 | 4 | 20 | ,114 |

Puncaknya adalah uji ANOVA dimana nilai signifikansi dari hasil uji ANOVA untuk semua densitas serat adalah >0.05 , maka antar konsentrasi KMnO_4 tidak ada beda bermakna.

| ANOVA | | | | | |
|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| densitas | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | ,021 | 4 | ,005 | 1,008 | ,427 |
| Within Groups | ,103 | 20 | ,005 | | |
| Total | ,123 | 24 | | | |

Menguji Massa Serat

1. Uji Normalitas menggunakan Kolmogorov-Smirnov

Nilai signifikansi dari hasil uji normalitas untuk semua massa adalah >0.05 , maka nilai densitas terdistribusi normal.

| One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test | | |
|------------------------------------|----------------|----------|
| | | massa |
| N | | 25 |
| Normal Parameters ^{a,b} | Mean | ,054484 |
| | Std. Deviation | ,0074008 |
| Most Extreme Differences | Absolute | ,147 |
| | Positive | ,084 |
| | Negative | -,147 |
| Kolmogorov-Smirnov Z | | ,734 |
| Asymp. Sig. (2-tailed) | | ,655 |
| a. Test distribution is Normal. | | |
| b. Calculated from data. | | |

2. Uji One Way Anova

Dimulai dengan uji descriptives untuk mengetahui nilai mean data dan standard deviasinya

| Descriptives | | | | | | | | |
|--------------|----|---------|----------------|------------|----------------------------------|-------------|---------|---------|
| massa | | | | | | | | |
| | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean | | Minimum | Maximum |
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound | | |
| 1 | 5 | ,051360 | ,0029585 | ,0013231 | ,047686 | ,055034 | ,0465 | ,0538 |
| 2 | 5 | ,048000 | ,0070757 | ,0031643 | ,039214 | ,056786 | ,0410 | ,0567 |
| 3 | 5 | ,048900 | ,0031906 | ,0014269 | ,044938 | ,052862 | ,0436 | ,0511 |
| 4 | 5 | ,062080 | ,0024139 | ,0010795 | ,059083 | ,065077 | ,0594 | ,0647 |
| 5 | 5 | ,062080 | ,0024139 | ,0010795 | ,059083 | ,065077 | ,0594 | ,0647 |
| Total | 25 | ,054484 | ,0074008 | ,0014802 | ,051429 | ,057539 | ,0410 | ,0647 |

Rangkaian uji One way ANOVA selanjutnya adalah uji Homogenitas. Nilai signifikansi nilai massa serat dari hasil uji homogenitas adalah <0.05 yang berarti tidak homogen.

| Test of Homogeneity of Variances | | | |
|----------------------------------|-----|-----|------|
| massa | | | |
| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
| 6,078 | 4 | 20 | ,002 |

Puncaknya adalah uji ANOVA dimana nilai signifikansi dari hasil uji ANOVA untuk semua densitas serat adalah <0.05 , maka antar konsentrasi KMnO_4 ada beda bermakna.

| ANOVA | | | | | |
|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| massa | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | ,001 | 4 | ,000 | 15,373 | ,000 |
| Within Groups | ,000 | 20 | ,000 | | |
| Total | ,001 | 24 | | | |

Untuk mengetahui pasangan variasi konsentrasi KMnO_4 yang menunjukkan perbedaan bermakna dilakukan uji Post Hoc Games-Howell karena massa serat tidak homogen. Untuk massa serat pasangan variasi konsentrasi KMnO_4 yang berbeda bermakna adalah konsentrasi KMnO_4 2% dengan konsentrasi KMnO_4 8%, konsentrasi KMnO_4 2% dengan konsentrasi KMnO_4 10%, konsentrasi KMnO_4 4% dengan konsentrasi KMnO_4 8%, konsentrasi KMnO_4 4% dengan konsentrasi KMnO_4 10%, konsentrasi KMnO_4 6% dengan konsentrasi KMnO_4 8%, konsentrasi KMnO_4 6% dengan konsentrasi KMnO_4 10%. Sedangkan pasangan yang lain menunjukkan perbedaan tetapi tidak bermakna atau tidak signifikan.

| Multiple Comparisons | | | | | | |
|--|--------------|--------------------------|------------|-------|-------------------------|-------------|
| Dependent Variable: massa | | | | | | |
| Games-Howell | | | | | | |
| (I) kelompok | (J) kelompok | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 1 | 2 | ,0033600 | ,0034298 | ,855 | -,010032 | ,016752 |
| | 3 | ,0024600 | ,0019459 | ,718 | -,004272 | ,009192 |
| | 4 | -,0107200* | ,0017076 | ,002 | -,016678 | -,004762 |
| | 5 | -,0107200* | ,0017076 | ,002 | -,016678 | -,004762 |
| 2 | 1 | -,0033600 | ,0034298 | ,855 | -,016752 | ,010032 |
| | 3 | -,0009000 | ,0034712 | ,999 | -,014268 | ,012468 |
| | 4 | -,0140800* | ,0033434 | ,043 | -,027583 | -,000577 |
| | 5 | -,0140800* | ,0033434 | ,043 | -,027583 | -,000577 |
| 3 | 1 | -,0024600 | ,0019459 | ,718 | -,009192 | ,004272 |
| | 2 | ,0009000 | ,0034712 | ,999 | -,012468 | ,014268 |
| | 4 | -,0131800* | ,0017892 | ,001 | -,019474 | -,006886 |
| | 5 | -,0131800* | ,0017892 | ,001 | -,019474 | -,006886 |
| 4 | 1 | ,0107200* | ,0017076 | ,002 | ,004762 | ,016678 |
| | 2 | ,0140800* | ,0033434 | ,043 | ,000577 | ,027583 |
| | 3 | ,0131800* | ,0017892 | ,001 | ,006886 | ,019474 |
| | 5 | 0E-7 | ,0015267 | 1,000 | -,005274 | ,005274 |
| 5 | 1 | ,0107200* | ,0017076 | ,002 | ,004762 | ,016678 |
| | 2 | ,0140800* | ,0033434 | ,043 | ,000577 | ,027583 |
| | 3 | ,0131800* | ,0017892 | ,001 | ,006886 | ,019474 |
| | 4 | 0E-7 | ,0015267 | 1,000 | -,005274 | ,005274 |
| *. The mean difference is significant at the 0.05 level. | | | | | | |

Menguji Volume Serat

1. Uji Normalitas menggunakan Kolmogorov-Smirnov

Nilai signifikansi dari hasil uji normalitas untuk semua volume adalah >0.05 , maka nilai volume terdistribusi normal

| One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test | | |
|------------------------------------|----------------|---------|
| | | volume |
| N | | 25 |
| Normal Parameters ^{a,b} | Mean | ,09160 |
| | Std. Deviation | ,028776 |
| Most Extreme Differences | Absolute | ,242 |
| | Positive | ,242 |
| | Negative | -,110 |
| Kolmogorov-Smirnov Z | | 1,211 |
| Asymp. Sig. (2-tailed) | | ,107 |
| a. Test distribution is Normal. | | |
| b. Calculated from data. | | |

2. Uji One Way Anova

Dimulai dengan uji descriptives untuk mengetahui nilai mean data dan standard deviasinya

| Descriptives | | | | | | | | |
|--------------|----|--------|----------------|------------|----------------------------------|-------------|---------|---------|
| volume | | | | | | | | |
| | N | Mean | Std. Deviation | Std. Error | 95% Confidence Interval for Mean | | Minimum | Maximum |
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound | | |
| 1 | 5 | ,06960 | ,012116 | ,005418 | ,05456 | ,08464 | ,053 | ,082 |
| 2 | 5 | ,14160 | ,016303 | ,007291 | ,12136 | ,16184 | ,117 | ,157 |
| 3 | 5 | ,06900 | ,010173 | ,004550 | ,05637 | ,08163 | ,059 | ,083 |
| 4 | 5 | ,08880 | ,005762 | ,002577 | ,08165 | ,09595 | ,081 | ,097 |
| 5 | 5 | ,08900 | ,005701 | ,002550 | ,08192 | ,09608 | ,081 | ,097 |
| Total | 25 | ,09160 | ,028776 | ,005755 | ,07972 | ,10348 | ,053 | ,157 |

Rangkaian uji One way ANOVA selanjutnya adalah uji Homogenitas. Nilai signifikansi nilai volume serat dari hasil uji homogenitas adalah >0.05 yang berarti homogen.

| Test of Homogeneity of Variances | | | |
|----------------------------------|-----|-----|------|
| volume | | | |
| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
| 2,117 | 4 | 20 | ,116 |

Puncaknya adalah uji ANOVA dimana nilai signifikansi dari hasil uji ANOVA untuk semua volume serat adalah <0.05 , maka antar konsentrasi KMnO_4 ada beda bermakna.

| ANOVA | | | | | |
|----------------|----------------|----|-------------|--------|------|
| volume | | | | | |
| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
| Between Groups | ,018 | 4 | ,004 | 37,699 | ,000 |
| Within Groups | ,002 | 20 | ,000 | | |
| Total | ,020 | 24 | | | |


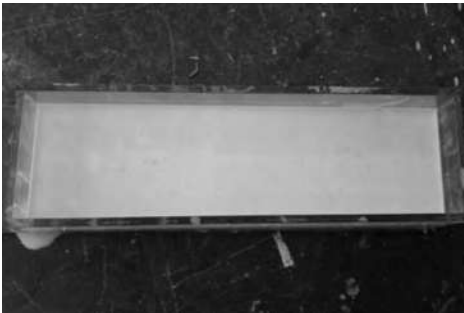
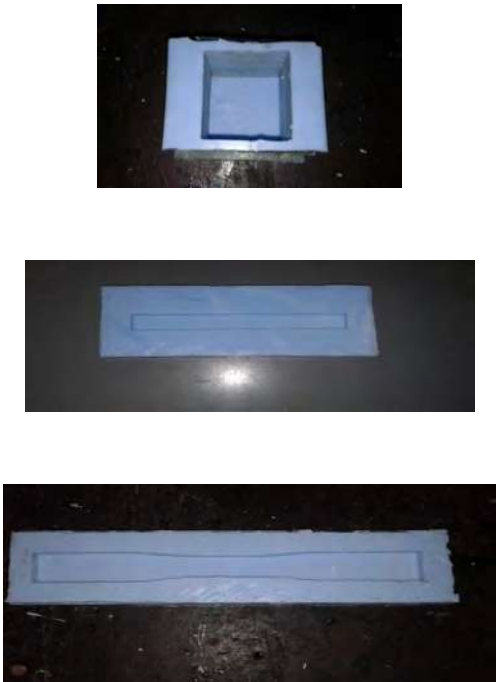
Untuk mengetahui pasangan variasi konsentrasi KMnO_4 yang menunjukkan perbedaan bermakna dilakukan uji Post Hoc. Untuk volume serat pasangan variasi konsentrasi KMnO_4 yang berbeda bermakna adalah konsentrasi KMnO_4 2% dengan konsentrasi KMnO_4 4%, konsentrasi KMnO_4 4% dengan konsentrasi KMnO_4 2%, konsentrasi KMnO_4 4% dengan konsentrasi KMnO_4 6%, konsentrasi KMnO_4 4% dengan konsentrasi KMnO_4 8%, konsentrasi KMnO_4 4% dengan konsentrasi KMnO_4 10%. Sedangkan pasangan yang lain menunjukkan perbedaan tetapi tidak bermakna atau tidak signifikan.





| Multiple Comparisons | | | | | | |
|--|--------------|--------------------------|------------|-------|-------------------------|-------------|
| Dependent Variable: volume | | | | | | |
| Tukey HSD | | | | | | |
| (I) kelompok | (J) kelompok | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| 1 | 2 | -,072000* | ,006822 | ,000 | -,09241 | -,05159 |
| | 3 | ,000600 | ,006822 | 1,000 | -,01981 | ,02101 |
| | 4 | -,019200 | ,006822 | ,072 | -,03961 | ,00121 |
| | 5 | -,019400 | ,006822 | ,068 | -,03981 | ,00101 |
| 2 | 1 | ,072000* | ,006822 | ,000 | ,05159 | ,09241 |
| | 3 | ,072600* | ,006822 | ,000 | ,05219 | ,09301 |
| | 4 | ,052800* | ,006822 | ,000 | ,03239 | ,07321 |
| | 5 | ,052600* | ,006822 | ,000 | ,03219 | ,07301 |
| 3 | 1 | -,000600 | ,006822 | 1,000 | -,02101 | ,01981 |
| | 2 | -,072600* | ,006822 | ,000 | -,09301 | -,05219 |
| | 4 | -,019800 | ,006822 | ,060 | -,04021 | ,00061 |
| | 5 | -,020000 | ,006822 | ,057 | -,04041 | ,00041 |
| 4 | 1 | ,019200 | ,006822 | ,072 | -,00121 | ,03961 |
| | 2 | -,052800* | ,006822 | ,000 | -,07321 | -,03239 |
| | 3 | ,019800 | ,006822 | ,060 | -,00061 | ,04021 |
| | 5 | -,000200 | ,006822 | 1,000 | -,02061 | ,02021 |
| 5 | 1 | ,019400 | ,006822 | ,068 | -,00101 | ,03981 |
| | 2 | -,052600* | ,006822 | ,000 | -,07301 | -,03219 |
| | 3 | ,020000 | ,006822 | ,057 | -,00041 | ,04041 |
| | 4 | ,000200 | ,006822 | 1,000 | -,02021 | ,02061 |
| *. The mean difference is significant at the 0.05 level. | | | | | | |





Homogeneous Subsets





| volume | | | |
|--|---|-------------------------|--------|
| Tukey HSD | | | |
| kelompok | N | Subset for alpha = 0.05 | |
| | | 1 | 2 |
| 3 | 5 | ,06900 | |
| 1 | 5 | ,06960 | |
| 4 | 5 | ,08880 | |
| 5 | 5 | ,08900 | |
| 2 | 5 | | ,14160 |
| Sig. | | ,057 | 1,000 |
| Means for groups in homogeneous subsets are displayed. | | | |
| a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5,000. | | | |






LAMPIRAN DOKUMENTASI

| No | Gambar | Keterangan |
|----|--|---|
| 1 |  | Silicon rubber dan katalis untuk membuat cetakan komposit |
| 2 |  | Cetakan silicon |
| 3 |  | Cetakan resin dari silicon |



| No | Gambar | Keterangan |
|----|--|--|
| 4 |  | Serat daun lontar yang sudah dipisahkan dari daunnya |
| 5 |  | Aquades |
| 6 |  | Pipet tetes dan pengaduk |
| 7 |  | Gelas ukur |




| No | Gambar | Keterangan |
|----|---|--|
| 8 |  | Gelas erlemeyer |
| 9 |  | Larutan KMnO_4 |
| 10 |  | Serat daun lontar yang direndam KMnO_4 |
| 11 |  | Serat daun lontar yang sudah dicuci setelah perendaman |

| No | Gambar | Keterangan |
|----|--|---|
| 12 |  | Pengeringan serat daun lontar dengan panas matahari |
| 13 |  | Resin <i>polyester</i> BTQN 157 |
| 14 |  | Katalis Mekpo |
| 15 |  | Mirror Glaze |

| No | Gambar | Keterangan |
|----|--|----------------------|
| 16 |  | Hand glow |
| 17 |  | Proses pencetakan |
| 18 |  | Kontrol uji densitas |
| 19 |  | Kontrol uji Tarik |
| 20 |  | Kontrol uji tekan |

| No | Gambar | Keterangan |
|----|--|---------------------|
| 21 |  | Sampel uji densitas |
| 22 |  | Sampel uji tekan |
| 23 |  | Sampel uji tarik |

| No | Gambar | Keterangan |
|----|--|--------------------------|
| 24 |  | Alat uji tekan dan tarik |
| 25 |  | Alat uji SEM |

| No | Gambar | Keterangan |
|----|--|-------------------|
| 26 |  | Mikrometer |
| 27 |  | Jangka sorong |
| 28 |  | Timbangan Digital |

LAMPIRAN DATA HASIL PENELITIAN



**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI
BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI SURABAYA
LABORATORIUM PENGUJIAN DAN KALIBRASI
BARISTAND INDUSTRI SURABAYA**

Jl. Jagir Wonokromo No. 360 Surabaya (60244), Telp. (031) 8410054, Fax. (031) 8410480
<http://baristandsurabaya.kemenperin.go.id/>

LAPORAN PENGUJIAN*Test Report*

No. 1680/LHU/3/V/2016

| | |
|---|--|
| <u>NO. ANALISA</u> <i>Analisa No.</i> | : P. 2154 – P. 2158 |
| <u>KOMODITI</u> <i>Commodity</i> | : Komposit Polyester |
| <u>DIBUAT UNTUK</u> <i>Executed For</i> | : MAYA ARDIATI |
| <u>ALAMAT</u> <i>Address</i> | : Mulyorejo 168 Surabaya – Jawa Timur |
| <u>DITERIMA TANGGAL</u> <i>Received Date</i> | : 12 Mei 2016 |
| <u>URAIAN SAMPEL</u> <i>Detail of Sample</i> | : Telah diterima 5 (Lima) buah sample Komposit dengan data sebagai berikut : a. Bentuk : Benda uji b. Keadaan luar : Baik c. Kode : 2 %, 4 %, 6 %, 8 %, 10 % Sampel tersebut diatas telah dilakukan pengujian dengan parameter uji Tarik dan uji Tekan |
| <u>TANGGAL PENGUJIAN</u> <i>Tested Date</i> | : 13 Mei 2016 – 18 Mei 2016 |
| <u>METODE UJI</u> <i>Test Method</i> | : SNI 07-0408-1989 Cara uji tarik |
| <u>METODE PENGAMBILAN CONTOH</u> <i>Sampling Method</i> | : - |
| <u>HASIL PENGUJIAN</u> <i>Test Result</i> | : Terlampir |
| <u>DITERBITKAN TANGGAL</u> <i>Issued Date</i> | : 18 Mei 2016 |

Surabaya, 18 Mei 2016
Laboratorium Fisika
Djumhanto
NIP.1958081019810310051005

Halaman 1 dari 2
Page 1 of 2

Perhatian :
Laporan Hasil Uji hanya berlaku untuk contoh diatas
Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan
KodeDok : FM – 7.09.02 1/0

LAMPIRAN DATA HASIL PENELITIAN



**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI
BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI SURABAYA
LABORATORIUM PENGUJIAN DAN KALIBRASI
BARISTAND INDUSTRI SURABAYA**

Jl. Jagir Wonokromo No. 360 Surabaya (60244), Telp. (031) 8410054, Fax. (031) 8410480
<http://baristandsurabaya.kemenperin.go.id/>

Nomor Analisa : P. 2154 – P. 2158
Jenis Sampel : Komposit Polyester
Kode : 2 %, 4 %, 6 %, 8 %, 10 %

1. Hasil Uji Tarik :

| Parameter Uji | Satuan | Hasil Uji | | | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|-------------|--------|--------------|--------|
| | | P 2154 (2%) | | P 2155 (4%) | | P 2156 (6%) | | P 2157 (8%) | | P 2158 (10%) | |
| | | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Uji Tarik : | | | | | | | | | | | |
| Tebal | mm | 10,14 | 9,96 | 10,49 | 10,44 | 10,65 | 10,38 | 10,31 | 10,08 | 10,49 | 10,17 |
| Lebar | mm | 21,91 | 21,65 | 21,82 | 21,6 | 21,84 | 21,66 | 21,73 | 22,29 | 22,3 | 21,85 |
| Luas penampang | mm ² | 222,17 | 102,59 | 227,8 | 222,48 | 232,59 | 224,83 | 224,04 | 224,68 | 233,93 | 222,21 |
| Panjang ukur awal | mm | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Panjang ukur setelah putus | mm | 64 | 68,6 | 68,3 | 71 | 68,1 | 74 | 71,2 | 68,7 | 67,4 | 69,7 |
| Regang | % | 6,67 | 14,3 | 13,83 | 18,33 | 13,5 | 23,3 | 18,67 | 14,5 | 12,33 | 16,17 |
| Beban maksimum | Kgf | 1300 | 1150 | 1370 | 904 | 972 | 1196 | 1266 | 1225 | 1230 | 1072 |
| Kuat tarik | Kgf/mm ² | 5,85 | 11,21 | 6,01 | 4,06 | 4,18 | 5,32 | 5,66 | 5,45 | 5,26 | 4,82 |

2. Hasil Uji Tekan :

| Parameter Uji | Satuan | Hasil uji | | | | | | | | | |
|----------------|---------------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | | P 2154 (2%) | | P 2155 (4%) | | P 2156 (6%) | | P 2157 (8%) | | P 2158 (10%) | |
| | | Searah serat | Berlawanan | Searah serat | Berlawanan | Searah serat | Berlawanan | Searah serat | Berlawanan | Searah serat | Berlawanan |
| Sisi, A | mm | 50,8 | 51,9 | 50,7 | 50 | 51,5 | 52,4 | 51 | 51,1 | 51,6 | 50,4 |
| Sisi, B | mm | 50,4 | 49,7 | 50,1 | 49,4 | 49,4 | 50,6 | 49,8 | 50,4 | 50,1 | 50,7 |
| Luas permukaan | mm ² | 2560,32 | 2579,43 | 2540,07 | 2470 | 2544,1 | 2651,44 | 2539,8 | 2575,44 | 2585,16 | 2555,28 |
| Beban, P | Kg | 15860 | 5600 | 16240 | 4940 | 17180 | 4200 | 16360 | 4700 | 16100 | 5260 |
| Kuat tekan | Kgf/mm ² | 6,19 | 2,17 | 6,39 | 2,0 | 6,75 | 1,58 | 6,44 | 1,82 | 6,23 | 2,06 |

Catatan :

- Sampel diuji sesuai permintaan
- Sampel diuji menggunakan mesin dengan skala beban 2 Ton -10 Ton



Halaman 2 dari 2

Page 2 of 2

Perhatian :

Laporan Hasil Uji hanya berlaku untuk contoh diatas
Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan
KodeDok : FM – 7.09.02 1/0

LAMPIRAN DATA HASIL PENELITIAN



**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI
BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI SURABAYA
LABORATORIUM PENGUJIAN DAN KALIBRASI
BARISTAND INDUSTRI SURABAYA**

Jl. Jagir Wonokromo No. 360 Surabaya (60244), Telp. (031) 8410054, Fax. (031) 8410480
<http://baristandsurabaya.kemenperin.go.id/>

3. Uji Tekan :

| Parameter Uji | Hasil Uji P 2164 (Kontrol) | |
|---------------------------------|----------------------------|------------|
| | Searah serat | Berlawanan |
| Sisi, A (mm) | 45,3 | 46,7 |
| Sisi, B (mm) | 49,3 | 49 |
| Luas permukaan, mm ² | 2233,29 | 2288,3 |
| Beban, P Kg | 16000 | 8800 |
| Kuat tekan, Kg/mm ² | 7,16 | 3,84 |

Catatan : - Sampel diuji sesuai permintaan
- Sampel diuji menggunakan mesin dengan skala beban 100 Kg – 20 ton



Halaman 3 dari 3
Page 3 of 3

Perhatian :
Laporan Hasil Uji hanya berlaku untuk contoh diatas
Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan
KodeDok : FM - 7.09.02 1/0